

**AUSWIRKUNG DER BETÄUBUNG
VON SCHLACHTSCHWEINEN MITTELS KOHLENDIOXID
AUF DIE FLEISCHQUALITÄT**

BERND SCHLÄGER

Disbui. ~~M~~ünchen

1988

Aus dem Institut für Hygiene und Technologie der
Lebensmittel tierischen Ursprungs der
Tierärztlichen Fakultät der Universität München

Lehrstuhl Prof. Dr. Dr. h.c. L. Kotter

Arbeit angefertigt unter der Leitung von

Priv.-Doz. Dr. Dr. habil. Ch. Ring

AUSWIRKUNG DER BETÄUBUNG VON SCHLACHTSCHWEINEN
MITTELS KOHLENDIOXID AUF DIE FLEISCHQUALITÄT

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität München

von

Bernd Schläger

aus

Neuss

München 1988

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. M. Rüsse

Referent: Priv. Doz. Dr. Dr. habil. Ch. Ring

Korreferent Prof. Dr. J. Meyer

Tag der Promotion: 29. Juli 1988

1	Einleitung	1
2	1. Kapitel	2
3	2. Kapitel	3
4	3. Kapitel	4
5	4. Kapitel	5
6	5. Kapitel	6
7	6. Kapitel	7
8	7. Kapitel	8
9	8. Kapitel	9
10	9. Kapitel	10
11	10. Kapitel	11
12	11. Kapitel	12
13	12. Kapitel	13
14	13. Kapitel	14
15	14. Kapitel	15
16	15. Kapitel	16
17	16. Kapitel	17
18	17. Kapitel	18
19	18. Kapitel	19
20	19. Kapitel	20
21	20. Kapitel	21
22	21. Kapitel	22
23	22. Kapitel	23
24	23. Kapitel	24
25	24. Kapitel	25
26	25. Kapitel	26
27	26. Kapitel	27
28	27. Kapitel	28
29	28. Kapitel	29
30	29. Kapitel	30
31	30. Kapitel	31
32	31. Kapitel	32
33	32. Kapitel	33
34	33. Kapitel	34
35	34. Kapitel	35
36	35. Kapitel	36
37	36. Kapitel	37
38	37. Kapitel	38
39	38. Kapitel	39
40	39. Kapitel	40
41	40. Kapitel	41
42	41. Kapitel	42
43	42. Kapitel	43
44	43. Kapitel	44
45	44. Kapitel	45
46	45. Kapitel	46
47	46. Kapitel	47
48	47. Kapitel	48
49	48. Kapitel	49
50	49. Kapitel	50
51	50. Kapitel	51
52	51. Kapitel	52
53	52. Kapitel	53
54	53. Kapitel	54
55	54. Kapitel	55
56	55. Kapitel	56
57	56. Kapitel	57
58	57. Kapitel	58
59	58. Kapitel	59
60	59. Kapitel	60
61	60. Kapitel	61
62	61. Kapitel	62
63	62. Kapitel	63
64	63. Kapitel	64
65	64. Kapitel	65
66	65. Kapitel	66
67	66. Kapitel	67
68	67. Kapitel	68
69	68. Kapitel	69
70	69. Kapitel	70
71	70. Kapitel	71
72	71. Kapitel	72
73	72. Kapitel	73
74	73. Kapitel	74
75	74. Kapitel	75
76	75. Kapitel	76
77	76. Kapitel	77
78	77. Kapitel	78
79	78. Kapitel	79
80	79. Kapitel	80
81	80. Kapitel	81
82	81. Kapitel	82
83	82. Kapitel	83
84	83. Kapitel	84
85	84. Kapitel	85
86	85. Kapitel	86
87	86. Kapitel	87
88	87. Kapitel	88
89	88. Kapitel	89
90	89. Kapitel	90
91	90. Kapitel	91
92	91. Kapitel	92
93	92. Kapitel	93
94	93. Kapitel	94
95	94. Kapitel	95
96	95. Kapitel	96
97	96. Kapitel	97
98	97. Kapitel	98
99	98. Kapitel	99
100	99. Kapitel	100
101	100. Kapitel	101
102	101. Kapitel	102
103	102. Kapitel	103
104	103. Kapitel	104
105	104. Kapitel	105
106	105. Kapitel	106
107	106. Kapitel	107
108	107. Kapitel	108
109	108. Kapitel	109
110	109. Kapitel	110
111	110. Kapitel	111
112	111. Kapitel	112
113	112. Kapitel	113
114	113. Kapitel	114
115	114. Kapitel	115
116	115. Kapitel	116
117	116. Kapitel	117
118	117. Kapitel	118
119	118. Kapitel	119
120	119. Kapitel	120
121	120. Kapitel	121
122	121. Kapitel	122
123	122. Kapitel	123
124	123. Kapitel	124
125	124. Kapitel	125
126	125. Kapitel	126
127	126. Kapitel	127
128	127. Kapitel	128
129	128. Kapitel	129
130	129. Kapitel	130
131	130. Kapitel	131
132	131. Kapitel	132
133	132. Kapitel	133
134	133. Kapitel	134
135	134. Kapitel	135
136	135. Kapitel	136
137	136. Kapitel	137
138	137. Kapitel	138
139	138. Kapitel	139
140	139. Kapitel	140
141	140. Kapitel	141
142	141. Kapitel	142
143	142. Kapitel	143
144	143. Kapitel	144
145	144. Kapitel	145
146	145. Kapitel	146
147	146. Kapitel	147
148	147. Kapitel	148
149	148. Kapitel	149
150	149. Kapitel	150
151	150. Kapitel	151
152	151. Kapitel	152
153	152. Kapitel	153
154	153. Kapitel	154
155	154. Kapitel	155
156	155. Kapitel	156
157	156. Kapitel	157
158	157. Kapitel	158
159	158. Kapitel	159
160	159. Kapitel	160
161	160. Kapitel	161
162	161. Kapitel	162
163	162. Kapitel	163
164	163. Kapitel	164
165	164. Kapitel	165
166	165. Kapitel	166
167	166. Kapitel	167
168	167. Kapitel	168
169	168. Kapitel	169
170	169. Kapitel	170
171	170. Kapitel	171
172	171. Kapitel	172
173	172. Kapitel	173
174	173. Kapitel	174
175	174. Kapitel	175
176	175. Kapitel	176
177	176. Kapitel	177
178	177. Kapitel	178
179	178. Kapitel	179
180	179. Kapitel	180
181	180. Kapitel	181
182	181. Kapitel	182
183	182. Kapitel	183
184	183. Kapitel	184
185	184. Kapitel	185
186	185. Kapitel	186
187	186. Kapitel	187
188	187. Kapitel	188
189	188. Kapitel	189
190	189. Kapitel	190
191	190. Kapitel	191
192	191. Kapitel	192
193	192. Kapitel	193
194	193. Kapitel	194
195	194. Kapitel	195
196	195. Kapitel	196
197	196. Kapitel	197
198	197. Kapitel	198
199	198. Kapitel	199
200	199. Kapitel	200

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1	EINLEITUNG	1
2	LITERATUR	3
2.1	BETÄUBUNG MITTELS KOHLENDIOXID (CO_2)	3
2.1.1	ENTWICKLUNG DER BETÄUBUNG MITTELS CO_2	6
2.1.2	RECHTLICHE GRUNDLAGEN	9
2.1.3	CO_2 -BETÄUBUNGSANLAGEN	11
2.1.4	PRAXISÜBLICHE CO_2 -KONZENTRATIONEN	13
2.2	FLEISCHQUALITÄT	17
2.2.1	DER BEGRIFF FLEISCHQUALITÄT	17
2.2.2	POSTMORTALE VERÄNDERUNGEN IM SKELETTMUSKEL	20
2.2.3	PARAMETER ZUR ERMITTLUNG DER FLEISCHQUALITÄT	22
2.2.3.1	pH-WERT	22
2.2.3.2	LEITFÄHIGKEIT	25
2.2.3.3	RIGOR MORTIS	27
2.2.3.4	FARBHELLIGKEIT DES FLEISCHES (Göfo)	28
2.2.3.5	R-WERT	29
2.2.3.6	SAFTHALTEVERMÖGEN	30
2.2.3.7	KOCHVERLUST	32
2.2.3.8	DRIPVERLUST	33

		Seite
2.2.4	QUALITÄTSMÄNGEL BEI SCHWEINEFLEISCH	34
2.2.4.1	DER EINFLUSS DER JEWEILS ANGEWENDETEN BETÄUBUNGSMETHODE AUF DIE FLEISCH- QUALITÄT	38
2.3	ZUCHTSELEKTION AUF STRESS- RESISTENTE SCHWEINE	41
2.3.1	DER CK-TEST	41
2.3.2	DER HALOTHANTEST	43
3	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	45
3.1	MATERIAL	45
3.1.1	MESSGERÄTE ZUR BESTIMMUNG DER FLEISCHQUALITÄTSPARAMETER	45
3.1.2	TIERE	47
3.2	METHODEN	49
3.2.1	OPERATIVE VORBEREITUNG DER BETÄUBUNGSVERSUCHE	49
3.2.2	DURCHFÜHRUNG DER BETÄUBUNG MITTELS CO ₂	49
3.2.3	FLEISCHGEWINNUNG UND MESSUNG DER FLEISCHQUALITÄTSPARAMETER	51

III

		Seite
4	ERGEBNISSE	53
4.1	ERGEBNISSE DER pH-WERT MESSUNG	55
4.1.1	IM MUSCULUS SEMIMEMBRANOSUS (M.s.)	55
4.1.2	IM MUSCULUS LONGISSIMUS DORSI (M.l.d.)	60
4.1.2.1	IM M.l.d., IN HÖHE DES 4/5 LENDENWIRBELS	60
4.1.2.2	IM M.l.d., IN HÖHE DER 13/14 RIPPE	65
4.1.2.3	IM M.l.d., IN HÖHE DER 5/6 RIPPE	69
4.2	ERGEBNISSE DER LEITFÄHIGKEITSMESSUNG	73
4.2.1	IM MUSCULUS SEMIMEMBRANOSUS	73
4.2.2	IM MUSCULUS LONGISSIMUS DORSI	78
4.3	ERGEBNISSE DER RIGOR MORTIS MESSUNG	83
4.4	ERGEBNISSE DER FARBHELLIGKEITS- MESSUNG (Göfo)	87
4.4.1	IM MUSCULUS SEMIMEMBRANOSUS	87
4.4.2	IM MUSCULUS LONGISSIMUS DORSI	92
4.5	ERGEBNISSE DER R-WERT MESSUNG	95
4.6	ERGEBNISSE DER MESSUNG DES SAPTHALTEVERMÖGENS	98
4.6.1	IM MUSCULUS SEMIMEMBRANOSUS	98
4.6.2	IM MUSCULUS LONGISSIMUS DORSI	103

IV.

		Seite
4.7	ERGEBNISSE DER KOCHVERLUST- MESSUNG	106
4.8	ERGEBNISSE DER DRIPVERLUST- MESSUNG	108
4.9	AUFTRETEN VON MUSKELBLUTUNGEN UND KNOCHENBRÜCHEN	112
5	DISKUSSION	113
6	ZUSAMMENFASSUNG	124
7	SUMMARY	125
	LITERATURVERZEICHNIS	126

1 EINLEITUNG

Die Betäubung der Schlachtschweine mittels CO_2 ist im Bereich der Europäischen Gemeinschaft rechtlich unterschiedlich geregelt und dementsprechend verbreitet. In Dänemark wird dieses Betäubungsverfahren am häufigsten angewandt. Demgegenüber ist die CO_2 -Betäubung in den Niederlanden seit 1980 verboten. Als Begründung für dieses Verbot wird neben einem im Vergleich zur Betäubung mittels elektrischen Stromes (Elektrobetäubung) verzögert einsetzenden Schwund des Bewußtseins vor allem die Auffassung geltend gemacht, die Schweine seien während der Exzitationsphase bei vollem Bewußtsein und die Betäubung sei auf einen Mangel an Sauerstoff zurückzuführen. Diese Einwände werden von dänischen und in der jüngsten Zeit auch von deutschen Wissenschaftlern als nicht haltbar dargestellt.

Obwohl in der Bundesrepublik Deutschland die tierärztlichen Sachverständigen der Bundesländer unter Führung der Vertreter des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten aufgrund ausstehender wissenschaftlicher Aussagen bisher zu keiner Äußerung für oder gegen die Betäubung der Schlachtschweine mittels CO_2 gekommen sind, wurden in der Praxis bereits zahlreiche CO_2 -Anlagen installiert, weil die Fleischqualität derart betäubter Schweine besser sein soll als die elektrisch betäubter.

Nachdem Wissenschaftler der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München und der Tech-



nischen Universität München im Auftrag von fünf Bundesländern und des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten das Forschungsprojekt "CO₂-Betäubung Schlachtschweine" bearbeiten, lag es nahe, die Qualität des Fleisches der Schweine zu ermitteln, die im Rahmen der Untersuchungen des o.a. Forschungsprojektes ohnehin mittels CO₂ betäubt worden waren und dadurch die Frage zu klären, ob und ggf. inwieweit die Qualität von Schweinefleisch nach Betäubung der Tiere mittels CO₂ gegenüber denjenigen, die elektrisch betäubt worden sind, als besser zu bewerten ist. Darüber hinaus wurden zur Absicherung der Meßdaten, die von Schweinen aus dem CO₂ - Forschungsprojekt gewonnen wurden, zusätzlich Fleischqualitätsdaten von CO₂-betäubten Schlachtschweinen im Schlachthaus ermittelt.

2 LITERATUR

2.1 BETÄUBUNG MITTELS KOHLENDIOXID (CO_2)

HICKMANN erkannte bereits im Jahre 1827 die narkotischen Eigenschaften des CO_2 . FRIEDLÄNDER und HERTER führten 1878 und 1879 weitere Untersuchungen durch, um zu klären, ob die Wirkung des CO_2 eine narkotische ist oder durch einen Mangel an Sauerstoff hervorgerufen wird. Sie berichten, daß Kaninchen, die unter einer Glasglocke ein Gasgemisch von Luft und 20 Vol % CO_2 einatmen, keine Beeinträchtigung des Allgemeinbefindens zeigen, sondern lediglich eine gesteigerte respiratorische und cardiale Aktivität aufweisen. Bei Exposition der Kaninchen in ein Gasgemisch von 20 % Sauerstoff und 60 - 80 % CO_2 sollen sofort heftigste Atemanstrengungen und Streckkrämpfe auftreten, bis die Tiere nach 30 - 40 Sekunden reaktionslos zu Boden fallen. Dieser betäubungsähnliche Zustand soll dann reversibel sein, wenn die Kaninchen wieder atmosphärische Luft atmen können.

COLLINS (1976) gibt die Konzentration für CO_2 , die beim Menschen eine narkotische Wirkung auslöst, mit 10 % an, während Konzentrationen zwischen 20 % und 30 % CO_2 Krämpfe bewirken können. Hohe Konzentrationen über 30 % CO_2 sollen eine Atmungsparalyse hervorrufen. Diese beim Menschen wie beim Hund beobachtete Paralyse, ist nach GRAHAM et al. (1960) mit Konvulsionen verbunden. Wird die Kohlendioxidkonzentration jedoch weiter erhöht, stellt sich zwischen 60-70 % CO_2 wieder Spontanatmung

* künftig mit % bezeichnet

ein, die z.T. auch schnappend sein kann. Während dieser Betäubungsphase bleiben außer Atemfrequenz und Tiefe auch Blutdruck, Venendruck, Herzfrequenz und Herzrhythmus innerhalb physiologischer Grenzen.

Der Blut-pH sinkt nach MULLENAX (1963) im Rahmen der CO_2 -Betäubung auf Werte zwischen 6,5 und 6,2. Die ausreichende Narkosewirkung von CO_2 ohne Auftreten einer Hypoxie oder Anoxie beschreibt auch LOMHOLT (1982). Er vertritt die Auffassung, daß die Narkosewirkung mit steigender CO_2 -Konzentration rascher einsetzt. Dabei soll die vom Kohlendioxid hervorgerufene pH-Absenkung im Blut und im Liquor cerebrospinalis im Zentralnervensystem zur Betäubung führen. Auf diese eindeutige Narkosewirkung weisen MEYER et al. (1961) und auch EISELE et al. (1967) hin.

Als einen weiteren Effekt des Kohlendioxids sieht BÜHLMANN (1960) beim Menschen die Erhöhung des Liquordruckes. BÜHLMANN (1960), MEYER et al. (1961) und EISELE et al. (1967) stellen einen bis zu vierfach erhöhten Wert des Liquordruckes unter CO_2 -Einfluß fest, wobei dem Hypoxiegrad keine Bedeutung zukommt.

Der Verlauf der Kohlendioxidbetäubung entspricht im Prinzip dem der Inhalationsanästhesie. Das von GÜDEL 1951 erstellte Narkoseschema ist auch dafür gültig. Danach wird die Narkose in vier Phasen eingeteilt (GÜDEL, 1951):

1. Analgesiestadium
2. Exzitationsstadium
3. Anästhesiestadium
4. Kollapsstadium

Im Analgesiestadium bleibt das Bewußtsein noch z.T. erhalten und es stellen sich Analgesie und Amnesie ein. Beim Übergang in das Exzitationsstadium schwindet das Bewußtsein vollends. In dieser Phase können - als Ausdruck einer Hemmung der Hemmneuronen - überschießende Motorik und Unruhe auftreten. Das Exzitationsstadium kann, z.B. bei Äthernarkose oder Kohlendioxidbetäubung, sehr heftig sein, beim Menschen wird jedoch von keinen unangenehmen Erinnerungen berichtet (WERNBERG, 1979; LONHOLT, 1982 u. 1983).

2.1.1 ENTWICKLUNG DER BETÄUBUNG MITTELS CO₂

Die Betäubung von Schlachttieren ist schon aus dem Mittelalter bekannt. Um den Schlachtvorgang zu erleichtern, wurde dem Schwein als Schlachttier durch einen Schlag auf den Kopf, ausgeführt mit einer hölzernen Keule oder dem stumpfen Ende einer Axt, das Bewußtsein genommen (GREGORY, 1985). Dadurch sollte der Schlachtende vor Abwehrbewegungen der Schweine geschützt werden. Erst zu Beginn dieses Jahrhunderts wurden von Tierschützern Bestrebungen unternommen, den Schlachttieren Schmerzen und Angst bei der Schlachtung zu nehmen (DRAWER, 1984). Die ersten Anstöße sind 1899 zu registrieren, als nach Überprüfung der Verhältnisse auf den deutschen Schlachthöfen ein Preisausschreiben "Zur Prüfung und Prämierung von Betäubungsapparaten für Kleinvieh" veranstaltet wurde. Als Ergebnis dieser Preisausschreibung steht der bis in die Gegenwart weiterentwickelte Bolzenschußapparat.

BENDERSKY führte 1904 erste Versuche mit Kohlendioxid als Betäubungsgas bei Schlachtschweinen durch, kam jedoch zu keinem befriedigenden Ergebnis. Dadurch wurde die Entwicklung der Betäubung von Schweinen mittels elektrischen Stromes begünstigt, z.B. die im Jahre 1908 in Nantes vorgestellte elektrische Schwachstrombetäubung (DRAWER, 1984). 1928 setzte sich die elektrische Betäubungsmethode für Schlachtschweine im Routinebetrieb am Schlacht- und Viehhof München durch. Dort wurden den in einer v-förmigen Falle fixierten Schlachtschweinen im Bereich des Os frontale zur elektrischen Betäubung Elek-

troden, die am Schaft einer 1 m langen Stabhalterung angebracht waren, angepreßt (OPEL, 1928). Diese - im Vergleich zur Betäubung mittels Keule - elegante Methode fand daraufhin weltweit Verbreitung.

In den USA wurden bis zur Mitte unseres Jahrhunderts Schweine noch bei vollem Bewußtsein geschlachtet. Die Schweine wurden dazu in einen Aufhängepferch getrieben. Dort legten "zwei kräftige Männer" jedem Schwein eine Kette um ein Hinterbein. Die Kette wurde danach an einem Elevator eingehängt und das Schwein bei vollem Bewußtsein zur Entbluterinne befördert (ANTHONY, 1953; SCHMIDT, 1953). Obwohl dieses Vorgehen als eindeutig tierschutzwidrig einzustufen ist, veranlaßten nicht der Gedanke des Tierschutzes, sondern ökonomische Überlegungen die Forschungsabteilung der Firma HORMEL 1950 in Minnesota, für Schlachtschweine ein brauchbares Betäubungsverfahren mit CO₂ zu entwickeln. 1950 wurde dafür das US-Patent Nr. 2526037 erteilt (GRÄTZ, 1981), und die Betäubungsmethode 1952 vom Bureau of Animal Industry genehmigt (KLEIN, 1953; SCHMIDT, 1953). Dabei erfolgte die Umstellung auf die CO₂-Betäubung lediglich, weil die Abwehrbewegungen der nicht betäubten Tiere zu zeitraubend und zu gefährlich für das Schlachtpersonal waren.

Als 1954 in Dänemark per Gesetz die Betäubung von Schlachttieren durchgesetzt wurde, kamen in der Folge so viele Reklamationen über verringerte Qualität des Fleisches elektrisch betäubter Schweine und der daraus hergestellten Erzeugnisse, daß sich die dänische

Regierung veranlaßt sah, dieses Gesetz zu suspendieren (WERNBERG, 1957 u. 1978). Es folgten zahlreiche Untersuchungen, in denen die elektrische Schwachstrombetäubung als Ursache der Fleischqualitätsmängel erkannt wurde. Daraufhin wurde mit höherer elektrischer Spannung, der sogenannten Elektro-Schock-Betäubung, experimentiert. Um jedoch bei der Bandschlachtung größere Schlachtzahlen zu bewältigen, wurden in Dänemark automatische CO₂-Betäubungsanlagen eingeführt. Danach konnte in Dänemark 1956 das Betäubungsgesetz erneut in Kraft treten. Die dadurch begünstigte Weiterentwicklung der CO₂-Betäubungsanlagen führte zu einer weltweiten Verbreitung dieser Betäubungstechnik.

Von 1974 bis 1978 führten holländische Wissenschaftler Statuserhebungen an CO₂-Betäubungsanlagen durch (HOENDERKEN et al., 1979) und sprachen sich gegen diese Betäubungsart aus, da sie - wie einleitend berichtet - ihrer Meinung nach nicht mit dem Tierschutzgedanken zu vereinbaren sei. In Dänemark, wo zwischenzeitlich 75 % der Schlachtschweine mit CO₂ betäubt wurden, stießen diese Untersuchungen und Schlußfolgerungen auf Ablehnung (LOMHOLT, 1980).

In der Bundesrepublik Deutschland fand die kontroverse Einschätzung der CO₂-Betäubung kaum Beachtung, vielmehr wurde die letzte CO₂-Betäubungsanlage 1982 stillgelegt, weil mit ihr höhere Schlachtzahlen nicht zu bewältigen waren. Eine neue CO₂-Betäubungsanlage wurde in der Bundesrepublik Deutschland erst zwei Jahre später instal-

liert (GRÄTZ, 1985). Zwischenzeitlich wurden vor allem die Schlachtbetriebe der Nordfleisch AG mit CO₂-Betäubungsanlagen ausgestattet. Als Begründung für diese Umstellung wird die bessere Fleischqualität nach der CO₂-Betäubung angegeben (TERKHORN, 1985 u. 1987). Der weiteren Verbreitung stehen z.B. Untersuchungen in der Schweiz (MÜLLER, 1976) und in der Bundesrepublik Deutschland (MICKWITZ, 1982) entgegen, die Zweifel an einer tierschutzgerechten Betäubung der Schweine durch CO₂ artikulieren. Gegenwärtig sind Bemühungen im Gange (s. 1), die pathophysiologischen Vorgänge während der CO₂-Betäubung zu klären und sie gegenüber bloßen Beobachtungen oder emotionalen Äußerungen wie auch wirtschaftlichen Interessen zugunsten der Restrainerbetäubung mittels elektrischen Stromes abzugrenzen.

2.1.2 RECHTLICHE GRUNDLAGEN

Nach dem Gesetz über das Schlachten von Tieren vom 21.04.1933 (RGBl. I S. 203), geändert durch Einführungsgesetz zum Strafgesetzbuch vom 02.03.1974 (BGBl. I, S. 469), sind warmblütige Tiere "beim Schlachten vor Beginn der Blutentziehung zu betäuben". Durch das Erste Gesetz zur Änderung des Tierschutzgesetzes vom 12.08.1986 (BGBl. I, S. 1309) wird diese Vorschrift (§ 4a (1)) übernommen und eine Regelung des Schlachtens von Tieren "im Rahmen der Bestimmungen des Europäischen Übereinkommens vom 10.05.1979 über den Schutz von Schlachttieren (BGBl. 1983 II, S. 770)" eingeleitet.

Im Europäischen Übereinkommen zum Schutz der Schlacht-tiere wird der Begriff "Betäubung" definiert als jedes Verfahren in Einklang mit den Bestimmungen dieses Über-einkommens, das an einem Tier angewendet, einen Zustand der Bewußtlosigkeit herbeiführt, der bis zum Eintritt des Todes andauert, womit dem Tier auf jeden Fall vermeidbare Leiden erspart bleiben.*

Nach Art. 1 (2) der Richtlinie 74/577/EWG, betreffend die Betäubung der Tiere vor ihrer Schlachtung vom 18.11.1974 ist unter Betäubung im Sinne dieser Richtlinie ein Ver-fahren zu verstehen, durch das ein Tier mittels mechanischer Vorrichtung, elektrischen Stromes oder Gases ohne nachteilige Einwirkung auf den Hygienezustand des Fleisches, bis zur Schlachtung bewußtlos gehalten wird. Dabei dürfen die Tiere zu keinem Zeitpunkt dieses Vor-ganges vermeidbaren Leiden ausgesetzt sein.** (RING, 1988)

* Freie Übersetzung des European Convention for the Protection of Animals for Slaughter, European Treaty Series no. 102, Chapter 1, General principles Article 1,2: "Stunning: shall mean any process in conformity with the provisions of this Conventions, which when applied to an animal induces a state of insensibility which lasts until it is dead, thus sparing it in any event any available suffering.

** Freie Übersetzung der Directive du Conseil du 18 novembre 1974 relative à l'étourdissement des animaux avant leur abattage (74/577/ECC) Article premier, 2: Par étourdissement, au sens de la présente directive, on entend un procédé faisant intervenir un instrument mécanique, l'électricité ou l'anesthésie par gaz, sans répercussions sur la salubrité de la viande et des abats, qui, lorsqu'il est appliqué à un animal, le plonge dans un état d'inconscience ou il est maintenue jusqu'à l'abattage, évitant en tout état de cause toute souffrance inutile aux animaux.

2.1.3 CO₂ BETÄUBUNGSANLAGEN

In den CO₂-Betäubungsanlagen kommt das CO₂ meist als Kohlendioxid/ Luftgemisch zur Anwendung. Nachdem CO₂ etwa 50% schwerer als Luft ist, empfiehlt es sich, das Gasgemisch in Gruben einzuleiten. In der Regel werden die zu betäubenden Tiere in die Betäubungsgrube und damit in das Betäubungsgas abgesenkt.

In den USA entwickelte die bereits vorher genannte Fleischwarenfabrik in Austin in Zusammenarbeit mit der Maschinenfabrik ALLBRIGHT; NELL & CO in Chicago eine Anlage, die aus einem auf 1,75 m abgesenkten 16 m langen Betäubungstunnel besteht, den die Schweine auf einem Transportband durchlaufen. Die Tiere werden - während sie den Tunnel mit dem Betäubungsgas durchlaufen - durch Gummistäbe, die von einer an der Decke des Tunnels laufenden Transportkette herabhängen, möglichst fixiert. Die gesamte Anlage (ohne Treibgänge) ist ca. 30 m lang, die Kapazität beträgt 600 Schweine pro Stunde (HERTRAMPF u. MICKWITZ, 1979; GRANDIN, 1980; GRÄTZ, 1981)

In Europa, wo gegenwärtig noch kleinere Kapazitäten üblich sind, entwickelten KRAGH und WERNBERG 1978 in Dänemark eine Oval-Tunnel-Anlage. Sie besteht aus einem abgesenkten Tunnel, jedoch in ovaler Form und benötigt daher weniger Platz als die oben genannte "Hormel-Anlage". Der gesamte Platzbedarf erstreckt sich über 6,2 m x 2,4 m, die Treibgänge sind dabei nicht mit einberechnet (RASENACK, 1975; CANTIENI, 1977; WERNBERG, 1978; HERTRAMPF u. MICKWITZ, 1979; GRÄTZ, 1981)

Zum größten Vertreiber von CO₂-Anlagen in Westeuropa hat sich die Firma BUTINA in Kopenhagen entwickelt. Von ihr werden Oval-Tunnel-Anlage sowie "Kompakt"- und "Dip-Lift-Anlagen" vertrieben.

Die Kompakt-Anlage besteht aus einem Förderer mit vier bis sechs Fallen, der nach dem Pater-Noster-Prinzip arbeitet. Die Fallen sind mit einem kippbaren Boden ausgerüstet, so daß die Schweine nach Betreten der Falle sowie Verriegeln und Abkippen der Bodenfläche bewegungslos in der v-förmigen Falle festgehalten werden. Ohne Treibgänge wird für diese Anlage ein Platz von ca. vier Quadratmeter benötigt (GRÄTZ, 1981).

Der Dip-Lift ist eine Einzelkabine, in dem jeweils ein Schwein nach Auskippen des anderen in das Gasgemisch abgesenkt wird. Der Platzbedarf beträgt 2,1 m x 0,8 m (WELLINGTON et al., 1964; SEFELAAR u. LOOYEN, 1971; BITAI, 1977; DODMAN, 1977; HERTRAMPF u. MICKWITZ, 1979; GRÄTZ, 1981).

Eine weitere Entwicklung von WERNBERG ist das "Pariser-Rad". Zwei oder drei Gondeln, die als Schweinefallen ausgebaut sind, werden durch Parallelogrammsteuerung in allen Lagen der Umdrehung des Rades in senkrechter Lage gehalten. Die Beschickung erfolgt von vorn, der Auswurf der betäubten Schweine befindet sich an der gegenüberliegenden Seite. Diese Anlage ist auf einem Platz von 2,4 m x 2,4 m unterzubringen und die Grube ist 2 m tief. Das "Pariser-Rad" wurde für eine größere Kapazität auch mit sechs Fallen ausgerüstet (ESSIG, 1959; HORNING, 1968; CANTIENI, 1977; HERTRAMPF u. MICKWITZ, 1979; GRÄTZ, 1981).

2.1.4 PRAXISÜBLICHE CO₂-KONZENTRATIONEN

Obwohl die im Einsatz befindlichen CO₂-Betäubungsanlagen weitgehend nach dem gleichen Prinzip arbeiten, bestehen unterschiedliche Erfahrungen hinsichtlich optimaler CO₂-Konzentration und Betäubungsdauer. Darüber hinaus führten aus Tierschutzerwägungen durchgeführte Untersuchungen der CO₂-Betäubung auch zu differierenden Angaben über den Zeitpunkt des Eintritts der Bewußtlosigkeit (HERTRAMPF u. MICKWITZ, 1979). Nachdem bereits 12 % CO₂ in der Luft beginnende narkotische Effekte auslösen und eine tiefe Betäubung bei 35 % CO₂ eintreten soll, wird mit zunehmender CO₂-Konzentration ein rascherer Eintritt der Betäubung zu erwarten sein. Um Lungenödeme und Muskelstarre zu vermeiden, sollte die CO₂-Konzentration dabei 75 % nicht überschreiten (WERNBERG, 1979).

CO₂-Konzentrationen unter 55 % sind unzureichend um bei Schweinen eine tiefe Betäubung auszulösen. Die zumeist angeführten CO₂-Konzentrationen liegen zwischen 60-75 % (BLOMQUIST, 1957; SAVIĆ u. TADIĆ, 1962).

Auf die Bedeutung der Einwirkungsdauer des CO₂ im automatischen Betäubungsablauf wird von SLATER (1953) und ANTHONY (1953) hingewiesen. Sie empfehlen 60-65 % CO₂ und eine Einwirkungsdauer von 45-50 Sekunden. GWATKIN (1958), THELOE (1959), HORNING (1968) und WERNBERG (1979) bewegen sich mit 65 % an der oberen Grenze dieses Konzentrationsbereichs von 65 % CO₂. Während WERNBERG (1979) bei der Einwirkungsdauer mit 45 sec innerhalb des o.a. Zeit-

rahmens bleibt, empfiehlt HORNUNG (1968) mit 60 sec eine deutlich längere Einwirkungsdauer.

BLOMQUIST (1957 u. 1958), LEUTBECHER (1959), SAVIĆ und TADIĆ (1962), MULENAX (1963) und MOSFELDT LAURSEN (1983) geben als Ergebnis ihrer Untersuchungen Konzentrationen von 65-70 % CO₂ als optimal an und empfehlen als Einwirkungsdauer den o.a. Zeitrahmen von 45-60 sec.

Mit 75 % als optimale CO₂-Konzentration kommen ESSIG (1959), SZABADOS (1963), OVERSTREET et al. (1975) und v. d. WAL (1978) zu einer deutlich höheren Angabe, demgegenüber stimmen sie hinsichtlich der Betäubungszeit von 45-60 sec mit den o.a. Autoren überein.

Nach DODMAN (1977) ist eine Konzentration von 76-80 % erforderlich, um unter Praxisbedingungen eine tiefe Betäubung der Schlachtschweine zu gewährleisten. MICKWITZ (1987) stellt bei Statuserhebungen an Schlachthöfen fest, daß in der Betäubungsgrube selbst bei empfohlenen und angenommenen geringeren CO₂-Konzentrationen 80 % CO₂ zu messen waren.

Während GREGORY (1987) mit der von ihm gemessenen 86 prozentigen CO₂-Konzentration gute Erfolge bei der Betäubung von Schlachtschweinen verzeichnet, sieht SZABADOS (1963) eine Konzentration von 80 % bereits als überhöht und Ursache eines Exitus an. Den Autoren gemeinsam ist die fehlende Angabe der Meßhöhe in der CO₂-Grube.

Ähnlich unterschiedliche Angaben, wie für die optimale CO₂-Konzentration, liegen für die Zeitspanne bis zum Eintritt der Bewußtlosigkeit vor. Die Zeitangaben er-

strecken sich von 15 sec bis 90 sec (ANTHONY, 1953; BLUMQUIST, 1957 u. 1958; SAVIĆ u. TADIĆ, 1962; HORNUNG, 1968; OVERSTREET et al., 1975; WERNBERG, 1978 u. 1979).

Dabei beurteilen die Autoren den Zeitraum bis zur vollen Bewußtlosigkeit, d.h. den aus der Sicht des Tier-schützers wesentlichen Zeitraum, unterschiedlich. So lehnen HERTRAMPF und v. MICKWITZ (1979) und v. MICKWITZ (1987) die CO₂-Betäubung unter anderem deswegen ab, weil nach ihrer Auffassung die Einleitungsphase eine Erstickungsphase ist.

HOENDERKEN (1979 u. 1983) registriert zwar ein echtes Exzitationsstadium, begründete seine Ablehnung der CO₂-Betäubung aber mit EEG Aufzeichnungen, die zeigen sollen, daß Änderungen des Wachzustandes der Schweine erst nach Ablauf der Hälfte des Exzitationsstadiums einsetzen, die Tiere dieses Stadium mithin bei weitgehend erhaltenem Bewußtsein erleben.

WERNBERG (1959, 1978 u. 1979) und LOMHOLT (1980, 1982 u. 1983) widersprechen den Aussagen von HOENDERKEN - die CO₂-Betäubung sichere in der Exzitationsphase keinen vollen Bewußtseinsschwund und beruhe auf Sauerstoffmangel - vielmehr sei das Exzitationsstadium zweite Phase der Betäubung und führe - aus Analogieschluß zum Menschen - zu keinen unangenehmen Erinnerungen. Als Begründung für diese Aussagen werden jeweils vier Arbeitsunfälle angeführt, bei denen Menschen durch eine CO₂-Schweinebetäubungsanlage gefahren und dadurch betäubt worden sein sollen, ohne daran unangenehme Erinnerungen behalten zu

haben.

Die Antwort auf die Frage, ob mit dem Einsetzen der Erregungsphase das Bewußtsein der Tiere geschwunden ist, geht aus den Ergebnissen des einleitend angeführten CO_2 -Forschungsprojektes hervor. Danach zeigt sich die heftige Exzitation als unkoordinierte, konvulsive, motorische Enthemmung. Im Moment der Exzitation liegen die arteriellen pH- und PCO_2 -Werte im Bereich der aus der Literatur ersichtlichen Angaben für eine Betäubung. In diesem Stadium ist die Wahrnehmungs- und auch Empfindungsfähigkeit weitgehend ausgeschaltet.*

* Forschungsprojekt:

"Die Betäubung von Schlachtschweinen mittels CO_2 ".
Ludwig-Maximilians-Universität München;
Technische Universität (#) München, 1988

Forschergruppe:

Koordination, Verwaltung: RING, Ch.
Verantwortlich: ERHARDT, W.(#); KRAFT, H.; RING, Ch.;
Beratung: SCHMIDT, A.; WEINMANN, H.M.(#);
Kritische Wertung der Ergeb.: BERNER, H.; UNSHELM, J.;

2.2 FLEISCHQUALITÄT

2.2.1 DER BEGRIFF FLEISCHQUALITÄT

Der Begriff Fleischqualität bezieht sich auf mehrere Eigenschaften des Fleisches. Er ist nach ENGEL (1987) "die Summe definierbarer, reproduzierbarer Einzelkriterien".

HOFMANN (1987) definiert die Qualität als "die Summe aller Merkmale und Eigenschaften eines Produkts. Die Qualitätsfaktoren eines Produkts sind feststellbar und meßbar. Somit ist auch Fleischqualität meßbar". Jedoch erschweren unterschiedliche Auffassungen von "Qualität" eine einheitliche Definition. Dies wird auch aus Literaturangaben ersichtlich.

Versteht ein Koch unter Fleischqualität die Güte des Fleisches, das nach Zubereitung zart, saftig und aromatisch sein soll, verbindet der Lebensmittelchemiker mit dem Begriff Qualität die anteilmäßige Zusammensetzung des Fleisches hinsichtlich Eiweiß, Bindegewebe, Fett, Asche usw. Demgegenüber sieht der Lebensmitteltierarzt vor allem die mikrobiologisch einwandfreie Beschaffenheit als Qualität und der Praktiker im fleischverarbeitenden Betrieb insbesondere das Vorhandensein der Eigenschaften, die für die Herstellung von Fleisch-Erzeugnissen von Bedeutung sind, z. B. das Wasserbindungsvermögen. Somit ist die von SCHEPER (1962) geprägte Definition des Begriffes Fleischqualität als "einer Anzahl von Faktoren, wie Zuverlässigkeit für die Gesundheit, Aussehen, Zartheit, Aroma, Saftigkeit, Nährwert", als Versuch zu werten, alle

einschlägigen Merkmale in die Definition einzubeziehen. Um den Mangel der Nichtverfügbarkeit einer generellen, alle wesentlichen Faktoren umfassenden Definition dieses Begriffes zu beheben, versucht HOPMANN (1973, 1974) eine Lösung des Problems, indem er folgende Gliederung vornimmt: "Der Begriff Fleischqualität kann somit definiert werden als die Summe aller sensorischen, ernährungsphysiologischen, hygienischen, toxikologischen und verarbeitungstechnischen Faktoren eines Fleisches". Wobei die einzelnen Qualitätskategorien zahlreiche Einzelfaktoren beinhalten.

RISTIĆ (1982) beschreibt die unterschiedlichen Einzelfaktoren und unterteilt die Qualität des Schlachtkörpers als quantitative Beschaffenheit wie die Ausbildung der Teilstücke, insbesondere der wertbestimmenden Körperpartien, sowie den Gewebeanteil, das Fleisch / Fett Verhältnis und das Fleisch / Knochen Verhältnis. Darüber hinaus unterteilt er Fleischqualität als die qualitative Beschaffenheit, die sich aus biochemischen, physikalischen, chemischen, sensorischen und bakteriologischen Daten und Merkmalen zusammensetzt. Die subjektiven Kriterien bei der Bewertung der Sensorik werden mit Hilfe verschiedener Skalen bestimmt, die eine beschreibende Bedeutung haben, so bei der Farbe, dem Aussehen, der Konsistenz, der Marmorierung und dem Geruch. Dabei sind subjektiv zu erfassende Merkmale lediglich als Ergänzung zu objektiven, d.h. exakten Aussagen zu werten, die unter Einsatz von Meßgeräten ermittelt werden. Diese objektiven Kriterien werden in Form eines Mengennachweises biochemisch erfaßt, z.B. Glykogen, Glukose, Lactat, ATP,

ADP, AMP, IMP, Inosin, Hypoxanthin und R-Wert, wie auch als physikalische Merkmale, z. B. pH-Wert, Farbhelligkeit, Safthaltevermögen, Konsistenz, Zartheit, Kerntemperatur, Drip-Verlust und Grill- oder Kochverlust, sowie als chemische Merkmale, z.B. Vollanalysedaten, Fettkennzahlen, Aminosäuren, Fettsäuren wie auch Mineralstoffe und als bakteriologische Daten, z. B. Gesamtkeimzahl, Enterobacteriaceae, Salmonellen, Clostridien und Pseudomonaceae.

Die Entwicklung, die subjektive Qualitätsbewertung durch objektive Meßergebnisse zu verifizieren, setzte in der Mitte unseres Jahrhunderts als Ergebnis einer intensiveren Fleischforschung ein. Einige dieser Messungen wurden über längere Zeitabschnitte durchgeführt und erlaubten somit nicht nur die Darstellung einer Entwicklung über mehrere Jahre oder bereits Jahrzehnte, sondern ergaben auch Wechselbeziehungen zwischen den Merkmalen. Nicht zuletzt deshalb konnten zwischenzeitlich von einem Merkmal Rückschlüsse auf ein oder mehrere andere gezogen werden, z. B. vom pH-Wert auf den Gehalt an Lactat. Unter Praxisbedingungen wird nach SCHEPER (1980) davon ausgegangen, daß die Zuordnung des Meßverfahrens "unmittelbar am Objekt (Schlachthälfte oder Teilstück) erfolgen muß, das Meßergebnis einen hohen Aussagewert hat, der Arbeits- und Geldaufwand gering sein soll und das Meßergebnis überprüfbar ist". Danach sollen aufgrund umfangreicher Untersuchungen die pH-Wert Messung und die Farbhelligkeitsmessung die oben gestellten Bedingungen am besten erfüllen (SCHEPER; 1980).

2.2.2 POSTMORTALE VERÄNDERUNGEN IM SKELETTMUSKEL

Im Rahmen des Schlachtprozesses wird mit dem Entbluten die Sauerstoffzufuhr der Muskeln unterbrochen.

Wurde im Schlachttier zur Bildung von Adenosintri-phosphat (ATP) Glykogen unter Beteiligung von Sauerstoff zu Brenztraubensäure und weiter im Citratzyklus zu $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ abgebaut, so besteht nach der Schlachtung nur die Möglichkeit des anaeroben Abbaus von Glykogen zu Milchsäure (Lactat und Wasserstoffionen). Dieser anaerobe Abbau der vorhandenen Glykogenreserve - etwa 70 % des Glykogens treten als Milchsäure in Erscheinung - setzt sich post mortem weiter fort und führt zu dem für die Fleischreifung typischen pH-Abfall auf Werte von ca pH 5,6 nach 24 h. Ist nun durch Stresseinflüsse der Glykogen-vorrat des Muskels unmittelbar vor der Schlachtung aktiviert worden und konnte die so vor der Schlachtung entstandene Milchsäure nicht mehr mit dem venösen Blut zur Leber abtransportiert werden, so sinkt der pH-Wert im Muskel schon innerhalb der ersten Stunde deutlich ab.

Liegt der Glykogenabbau allerdings schon längere Zeit zurück, so fehlen die Voraussetzungen zum pH-Wert-Abfall und damit zur gewünschten Fleischreifung (HAMM, 1973, 1974, 1976; FISCHER, 1981).

Die auffallendste grobsinnliche Veränderung, die im Fleisch innerhalb der ersten Stunden eintritt, ist die Abnahme der Dehnbarkeit der Muskelfaser, der Rigor mortis. Gleichzeitig verliert das Fleisch an Wasser-

bindungsvermögen. Bei diesen Prozessen handelt es sich um Veränderungen im Myosin-Actin-System des Muskels. Im lebenden Muskel wird ATP (Adenosintriphosphat), die eigentliche Aktionssubstanz des Muskels, immer wieder durch die Atmungskette - innerhalb des Citratzyklus - nachgeliefert. Bei Verbrauch wird das ATP durch die ATPase in ADP (Adenosindiphosphat) und organisches Phosphat gespalten. ADP wird gewöhnlich erneut phosphoryliert, wobei das benötigte Phosphat entweder durch die Glycolyse oder durch den Kreatin-Phosphat-Speicher zur Verfügung gestellt wird. Kreatin-Phosphat ist ein energiereiches Reservephosphat, das mit ATP im Gleichgewicht steht (KARLSON, 1977). So bleibt der ATP-Gehalt im Muskel nach der Schlachtung zunächst auf dem gleichen Niveau wie im lebenden Muskel. Nach dem Schlachten wird fortschreitend der Kreatin-Phosphat-Speicher abgebaut und die jetzt anaerobe Glycolyse kann den ATP-Bedarf nicht decken. In Folge werden aus zwei ADP durch die Myokinase ein ATP und ein AMP gebildet und weiterhin werden die energiereichen Phosphate über AMP und die Zwischenstufen Inosinmonophosphat (IMP) und Inosin zu Hypoxanthin abgebaut.

Da ATP aber nicht nur als Energielieferant dient, sondern auch zur Erschlaffung der Muskeln benötigt wird, bewirkt eine Senkung des ATP-Spiegels im Muskel post mortem eine Verknüpfung der Actin und Myosinfilamente. Der Rigor mortis setzt ein, wenn der ATP-Gehalt um 75-80 % abgesunken ist und damit das verknüpfte Actomyosin die Dehnbarkeit des Muskels auf ein Fünftel herabsetzt (HAMM, 1976; FISCHER, 1981).

2.2.3 PARAMETER ZUR ERMITTLUNG DER FLEISCHQUALITÄT

2.2.3.1 pH-WERT

Die pH-Wert Messung ist nach SCHEPER (1978) in der Fleischforschung und Fleischuntersuchung seit Jahrzehnten ein wesentlicher Bestandteil der Qualitätsbewertung. Als absolute Größe hat der pH-Wert jedoch nur eine begrenzte Aussagekraft, da er nur in Verbindung mit bestimmten, festgesetzten Meßzeiten eine sichere Aussage über den postmortalen Fleischreifungsprozeß zuläßt (SCHEPER, 1980). Der pH-Wert ist definiert als der negative dekadische Logarithmus der Wasserstoff-Ionen-Konzentration (KARLSON, 1977):

$$\text{pH} = - \log (\text{H}^+).$$

Je stärker Glykogen im Rahmen des postmortalen anaeroben Abbaues zu Milchsäure (Laktat und Wasserstoffionen) in 45 min post mortem (pH 1) abgebaut worden ist, was durch die Höhe der Wasserstoffionenkonzentration, also den pH-Wert, angezeigt wird, um so geringer ist das Saffhaltevermögen des Fleisches zu diesem Zeitpunkt. Entsprechend höher ist auch der Gewichtsverlust bei der Kühlung und um so blasser ist die Fleischfarbe. Dabei ergeben pH-Wert-Mittelwerte, daß zwischen extrem beschleunigter Glykogenolyse - wobei pH-Endwerte schon nach 30 bis 40 min erreicht werden - und normalem Reifungsablauf - wobei der End-pH-Wert nach sechs bis zehn Std. p.m. erreicht wird - fließende Übergänge bestehen. Daraus ist ersichtlich, daß der Meßzeitpunkt und die Dauer der Meßperiode einen

großen Einfluß auf die Interpretierbarkeit des pH-Wertes haben.

Bei stark beschleunigter Glykogenolyse weisen die Untersuchungen 30 min p.m. und dann in fünf Minuten-Abständen bis zu einer Std. p.m. kaum Differenzen auf. Nur im Bereich der gering beschleunigten Glykogenolyse kann der sehr genauen Meßzeit größere Bedeutung zukommen (SCHEPER, 1980).

Im Fleisch gemessene pH-Werte sollen sich zwischen pH 5 und pH 7 bewegen (HOFMANN, 1973). Dabei sollen die Grenzwerte nach RISTIĆ (1982) zwischen pH 5,2 und pH 7,2 liegen.

Zur Messung von pH-Werten stehen zwei verschiedene Methoden zur Verfügung:

Glaselektroden in Verbindung mit einem pH-Meter oder Farbindikatoren (HOFMANN, 1987).

Die heute zur Verfügung stehenden Farbindikatoren, die als Spezialindikatoren für Fleisch zwischenzeitlich eine Abschätzgenauigkeit von $\pm 0,1$ pH-Einheiten erlauben, gestatten damit eine recht exakte pH-Messung. Bei diesen Farbindikatoren werden die jeweiligen pH-abhängigen Farbnuancen mit einer zugehörigen Farbskala verglichen und der an Stelle der Farbübereinstimmung stehende pH-Wert festgehalten.

Für genauere Messungen und vor allem bei Durchführung vieler Messungen, die kurz hintereinander zu erfolgen haben, ist die elektrometrische Messung mit einer Glaselektrode unentbehrlich (HOFMANN, 1987). Dabei beruht die

pH-Messung auf dem Registrieren einer elektrischen Spannung in Form eines Potentials, das zwischen einer Meßelektrode und einer Bezugselektrode besteht. In einer Glaselektrode, in Form einer Einstabmeßkette, sind Meß- und Bezugselektrode in einem gemeinsamen Glasschaft zusammengefaßt. Die Glaselektrode muß vor Beginn der Messungen mit Hilfe von Vergleichspuffern (pH 7,00 und pH 4,62) geeicht werden.

Die Temperatur übt einen doppelten Einfluß auf die pH-Messung aus. Sie beeinflusst sowohl das Elektrodenpotential als auch die Aktivität der Wasserstoffionen. Daher kommt der Berücksichtigung der Temperatur der Eichlösung Bedeutung zu.

Die festgesetzten Meßstellen für den pH-Wert beruhen auf der Erkenntnis, daß der Reifungsprozeß in den einzelnen Muskeln nicht einheitlich verläuft und daher auch keine in allen Muskeln übereinstimmenden pH-Werte erwartet werden können. Die Muskeln mit dem erfahrungsgemäß am stärksten beschleunigten pH-Abfall sind der *M. longissimus dorsi*, der *M. gluteus medius* und der *M. semimembranosus*. An der unzerlegten Schlachtkörperhälfte bietet sich der *M. longissimus dorsi* in Höhe des 13/14 Brustwirbels als Meßobjekt an. Der Einstich erfolgt dabei zwischen den Dornfortsätzen der entsprechenden Wirbel. Darüber hinaus kann im gleichen Muskel in Höhe des 5/6 Lendenwirbels oder im *M. semimembranosus* fünf cm caudo-dorsal der Beckensymphyse gemessen werden. (SCHEPER, 1971 u. 1978; HOLZ, 1973; BIEDERMANN u. GRANZ, 1979; RISTIĆ, 1982; KORTMANN u. RING, 1986).

2.2.3.2 LEITFÄHIGKEIT (LF)

Viele Flüssigkeiten, Metalle und Gase haben die Fähigkeit elektrischen Strom zu leiten, so auch Fleisch. Alle genannten Leiter zeichnen sich durch bestimmte Meßgrößen aus. Als Grundgröße dient der Widerstand R, gemessen in Ohm, und der Leitwert G, gemessen in Siemens. Der Leitwert Siemens errechnet sich aus dem Kehrwert des Widerstandes:

$$G = \frac{1}{R} \quad [\text{Siemens}]$$

Die Leitfähigkeit [mS/cm] läßt sich aus dem Leitwert, der Länge L und dem Querschnitt A des Leiters ermitteln:

$$\text{Leitfähigkeit} = \frac{G \times L}{A} \quad [\text{mS} / \text{cm}]$$

(FELDHUSEN et al., 1987).

Lebendes Gewebe ist ein schlechter Leiter, da intra- und interzelluläre Flüssigkeiten durch isolierende Membranen voneinander getrennt sind. Diese Membranen werden post mortem vor allem durch die Senkung des pH-Wertes und durch die Proteindenaturierung sowie die Entwicklung zum Rigor mortis (s. 2.2.2) und durch Quellung des Muskelgewebes angegriffen und dadurch permeabler. Je nach Ausmaß der Membranschädigung erhöht sich in Abhängigkeit von der jeweiligen Temperatur im Muskel die Leitfähigkeit des Fleisches.

Im Vergleich zur Messung des pH-Wertes, deren Technik relativ anfällig ist (Eichung, Einstellen der Meßtemperatur, Empfindlichkeit und Einstechwinkel der Glas-

elektrode), bietet die Leitfähigkeitsmessung aufgrund der einfachen Durchführungstechnik Vorteile. So entfällt eine Eichung und die Elektrode, bestehend aus zwei Metallstiften, zwischen denen, je nach Widerstand des intakten oder geschädigten Muskelgewebes, ein mehr oder weniger starker Stromfluß gemessen und im Meßgerät digital angezeigt wird, ist vergleichsweise äußerst stabil.

Die Meßstellen der Leitfähigkeitsmessung entsprechen den Stellen der pH-Messung: Der M. long. dorsi in Höhe der 13 / 14 Rippe und der M. semimembranosus nahe der Beckensymphyse.

Die Grenzwerte der Leitfähigkeit im Muskelgewebe für eine akzeptable Fleischqualität liegen nach FELDHUSEN et al. (1987) bei > 7 , sowohl im M. long. dorsi als auch im M. semimembranosus bei einer Meßzeit 45 min p.m.. Nach 24 h liegt der Grenzwert beider Muskeln bei > 10 .

SCHMITTEN (1985; SCHMITTEN et al., 1983) setzt aufgrund seiner Erfahrungen die Grenzwerte höher an: er benutzt die gleichen Meßstellen wie FELDHUSEN, mißt allerdings erst 50 min p.m. und ermittelt für eine gute Fleischbeschaffenheit den Grenzwert $\leq 4,80$, für eine indifferente Fleischbeschaffenheit 4,81 - 9,79 und für schlechte Fleischbeschaffenheit $\geq 9,8$.

2.2.3.3 RIGOR MORTIS

Sinkt der ATP-Gehalt post mortem unter einen bestimmten Wert (s. 2.2.2), so verlieren die jeweiligen Muskeln ihre Dehnungsfähigkeit bis hin zur Totenstarre, dem Rigor mortis. Dieser tritt um so früher ein, je niedriger der ATP Gehalt zum Zeitpunkt der Schlachtung war.

Der Verlust der Dehnfähigkeit des Muskels kann apparativ mit dem von SYBESMA (1966) entwickelten Rigormesser erfaßt werden. Bei der Rigormessung wird eine Achse mit einer Aufsatzscheibe im Durchmesser von 1,5 cm auf den zu messenden Muskelabschnitt aufgesetzt. Die Achse ist in einem mit einer Feder versehenen Halter mit einem Zeiger verbunden, der auf einer am umhüllenden Zylinder befestigten Skala angeben kann, wie weit die Achse durch den jeweiligen Widerstand des Muskels verschoben worden ist.

Nicht oder lediglich geringfügig kontrahierte Muskulatur wird durch niedrige Werte, 1 bis einschließlich Strich 5, angezeigt, Muskeln, die im Rigor sind, ergeben mit 10 bis einschließlich 15 hohe Werte. Die Meßstellen und die Meßzeiten sind mit denen der Messung des pH-Wertes und der Leitfähigkeitsmessung identisch. Die Rigorwerte steigen im Falle der normalen Reifung 3-4 Std. p.m. an und bleiben danach auf fast gleichem Niveau (RISTIĆ, 1982; SCHEPER, 1962).

2.2.3.4 FARBHELLIGKEIT DES FLEISCHES (Göfo)

Der Farbeindruck des Fleisches wird durch die verschiedenen Muskelfarbstoffe, das purpurrote Myoglobin, das hellrote Oxy-myoglobin, das braune Metmyoglobin, die Zytochrome sowie durch die Struktur und die Transparenz der Muskelfasern hervorgerufen. Hämoglobin verursacht bei einer schlechten Ausblutung eine Verfälschung des üblichen Farbeindrucks. (SCHARNER et al., 1972)

Physikalisch wird die Farbe durch den Farbton, die Farbsättigung und die Farbhelligkeit charakterisiert. Die Farbe eines Körpers, die "Körperfarbe", entsteht durch eine charakteristische Veränderung der von einer Lichtquelle her auffallenden Strahlung durch die von der Wellenlänge abhängige Rückstrahlung, die Reflexion (RISTIĆ, 1982).

Die Sättigung einer Farbe drückt den Grad an Buntheit aus (KLETTNER u. STIEBIG, 1980). Da bei Fleisch der Farbton und die Farbsättigung nur geringfügig differieren, genügt es, die Farbhelligkeit des Fleisches zu erfassen (SCHARNER et al., 1972).

Bei Schweinefleisch wird die Farbhelligkeit noch vermehrt mit dem Farbhelligkeitsmeßgerät Göfo gemessen. Dabei wird das vom Meßobjekt reflektierte Licht durch ein Filtersystem auf eine Fotozelle gelenkt. Die nach Stärke der Reflexion des Meßgutes von der Fotozelle abgegebene Stromstärke wird auf einem Mikro-Ampere-Meter abgelesen und ergibt nach entsprechender Eichung ein direktes Maß für die Helligkeit.

Die Skala reicht dabei von 1 (hell) bis 100 (dunkel) (RISTIĆ, 1982).

Als Meßzeiten kommen ebenfalls 45 min und 24 h p.m. in Betracht. Die Meßstellen sind wiederum der M. semi-membranosus (45 min p.m. und 24 h p.m.) und der M. long. dorsi (24 h p.m., jeweils am Anschnitt des Kotelettstranges in Höhe der 13 / 14 Rippe).

2.2.3.5 R - WERT

Schweinemuskeln mit typischem Reifungsablauf verfügen eine Stunde p.m. noch über hohe ATP-Konzentrationen, die in 12 h zu IMP, Inosin und Hypoxanthin abgebaut werden (s. 2.2.2). Muskelfleisch mit einem atypischen Reifungsablauf verfügt 1 h p.m. nur noch über geringe Mengen an ATP und demzufolge über hohe Konzentrationen an IMP und dessen Abbauprodukten. Diese Entwicklung der Reifung läßt sich durch Messungen des Verhältnisses der Lichtabsorption von ATP und IMP bei 250 und 260 nm bestimmen.

Das UV-Licht Absorptionsmaximum von ATP, ADP und AMP liegt bei einer Wellenlänge von 259 bis 260 nm im neutralen wäßrigen Medium. IMP und seine Abbauprodukte zeigen demgegenüber bereits bei 249 bis 250 nm ein Absorptionsmaximum. Aus dem angezeigten Verhältnis der Absorption bei 250 / 260 nm ist ersichtlich, ob in einer Lösung überwiegend ATP oder IMP vorhanden ist. Dieses Verhältnis, der R - WERT, liegt bei reinen ATP-Lösungen zwischen $R = 0,78 - 0,80$. Bei reinen IMP- und Inosin-

lösungen ist ein R-Wert von $R = 1,68 - 1,73$ zu erwarten. Hypoxanthin als weiteres Abbauprodukt weist einen R-Wert von $R = 1,32$ auf.

In normal reifenden Muskeln wird der R - Wert 1 h p.m. aufgrund der noch großen ATP-Reserve niedrige Werte, d.h. Werte $< 1,0$ annehmen.

Die Muskelproben werden zur Messung des R-Wertes dem M.semimembranosus 45 min p.m. entnommen, auf ca. 3 g gewogen und mit 7 ml 1 M Perchlorsäure homogenisiert. Nach Filtrieren werden 0,1 ml des Homogenisates in eine Quarzpipette pipettiert, die 1,9 ml 0,1 M Phosphatpuffer enthält und die Absorption bei 250 und 260 nm gemessen. Das errechnete Verhältnis wird als R-Wert bezeichnet. (HONIKEL u. FISCHER, 1977)

2.2.3.6 SAPTHALTEVERMÖGEN

Das im Fleisch anteilige Wasser liegt nicht einheitlich gebunden vor. Ein Teil ist elektrostatisch mit Eiweißkörpern verknüpft und auf mechanischem Weg nicht von diesen zu trennen. Der andere Teil wird durch lockere Adsorption, Oberflächenkräfte und Kapillarwirkung gebunden. Zwischen beiden Bindungsarten bestehen fließende Übergänge (GRAU u. HAMM, 1952).

Da im Rahmen der Fleischverarbeitung die Fähigkeit des Fleisches, das Wasser zu binden, insofern bedeutsam ist, als vermehrt "locker" gebundenes Wasser dazu führt, daß dem Brät beim Kuttern zugesetztes Wasser nicht entsprechend aufgenommen und gebunden werden kann, kam

der frühzeitigen Erfassung dieses Sachverhaltes auch technologische Bedeutung zu. Dabei werden Filterpapierstreifen zwischen Muskeleinschnitte gelegt, um so locker gebundenes, jetzt aufgesogenes Wasser messen zu können. GRAU und HAMM kombinierten diese Filterpapiermethode 1956 mit der Preßprobe. In Plexiglaskompressorien werden dabei definierte Mengen Muskelgewebes, 300 mg, auf ein 6,5 cm x 6,5 cm großes Stück Filterpapier gelegt und dieses im Kompressorium 5 min gepreßt. Dadurch wird das Muskelgewebe fast kreisförmig auseinandergequetscht. Die austretende Flüssigkeit wird dabei vom Filterpapier aufgesogen. Nachdem die Deckplatte des Kompressoriums entfernt ist, wird der Umfang der Fleischfläche im durchfallenden Licht nachgezeichnet. Nach planimetrischer Bestimmung der Fleisch- und Flüssigkeitsfläche wird die Menge des locker gebundenen Wassers nach der empirischen Formel von GRAU und HAMM (1956) in mg errechnet:

$$\text{mg locker geb. Wasser} = \frac{\text{Flüssigkeitsfl. in cm}^2}{0,0948} - 8,0$$

Die Größe der Flüssigkeitsfläche bewegt sich erfahrungsgemäß zwischen 1 und 10 cm², wobei mit Fortschreiten der Reifung die Tendenz zu einer zunehmenden Flüssigkeitsfläche besteht.

Zwischen 1 und 3 h p.m. ist in der Regel ein nur geringer Unterschied in der Ausdehnung der Flüssigkeitsfläche feststellbar (RISTIĆ, 1982). Als Meßzeit bietet sich deshalb aus Vergleichsgründen 45 min p.m. an und als

Meßstellen wiederum der *M. semimembranosus* und der *M. longissimus dorsi*.

Aus der Flüssigkeitsfläche läßt sich über das locker gebundene Wasser auch das Safthaltevermögen errechnen. Je größer dabei der Wert ist, desto mehr Wasser ist aus der Fleischprobe ausgetreten (BLENDL u. PUFF, 1978 u. 1979).

2.2.3.7 KOCHVERLUST

Der Kochverlust ist der Verlust an Fleischsaft nach Kochen von Fleisch unter definierten Bedingungen. Die Fleischproben werden dem *M. longissimus dorsi* entnommen, auf Würfel von etwa 10 g geschnitten, gewogen und 15 min in kochender physiologischer Kochsalzlösung erhitzt. Nach dem Herausnehmen aus dem Wasserbad werden die Proben mit Filterpapier ummantelt und dadurch von anhaftendem Wasser befreit. Danach kühlen die Proben ab und werden erneut gewogen. Die Berechnung des Kochverlustes erfolgt nach der Formel (SCHARNER et al., 1972):

$$\text{Kochverlust in \%} = 1 - \frac{\text{Gewicht nach Kochen}}{\text{Gewicht vor Kochen}} \times 100$$

2.2.3.8 DRIPVERLUST

Der Dripverlust ist ein Maß zur Einschätzung des Saft-
haltevermögens. Er ist prozentualer Ausdruck des Saft-
verlustes von Frischfleisch nach 24 stündiger Lagerung.
Zur Bestimmung des Dripverlustes wird eine Muskelprobe
ohne sichtbares Fett und Sehnengewebe aus dem M. long.
dorsi herausgeschnitten, gewogen und in einen "Plast-
folie"-Beutel verpackt. Danach werden die Proben 24 h im
Kühlhaus bei 4-6 °C gelagert. Zur Bestimmung des Fleisch-
saftverlustes werden die vor der Kühllagerung gewogenen
Proben aus der Verpackung entnommen, ihre Oberfläche
durch Abtupfen von anhaftendem Fleischsaft befreit und
anschließend zurückgewogen. Die Berechnung des Drip-
verlustes erfolgt nach der Formel (SCHÖBERLEIN et al.,
1973):

$$\text{Dripverlust in \%} = 1 - \frac{\text{Masse nach Lagerung}}{\text{Masse vor Lagerung}} \times 100$$

2.2.4 QUALITÄTSMÄNGEL BEI SCHWEINEFLEISCH

Schweinefleisch gehört in der Bundesrepublik zu den am stärksten nachgefragten Fleischarten. Mit einem Gesamtverbrauch von 62,3 kg Schweinefleisch pro Kopf der Bevölkerung 1987 (BLENDL, 1988) wird ein beachtlicher Konsum erreicht. Nachdem durch gezielte Selektion in der Zucht, den durch die Massenmedien initiierten geänderten Verbraucherwünschen nach vermehrt magerem Fleisch entsprechend, die Mast fettarmer Rassen beträchtlich gesteigert werden konnte (BLENDL u. PUFF, 1979), nahmen die Klagen über substantielle Mängel des Fleisches der nunmehr streßanfälligen Tiere zu. Parallel dazu stieg die Zahl der Transportverluste. Als Ursache dieser Qualitätseinbußen wurden die genetische Disposition solcher Schweine und deren Belastung vom Hof bis in das Schlachthaus ermittelt. Demzufolge zeigen sich bei den Qualitätseinbußen Unterschiede zwischen den Schweinerassen, aber auch zwischen den Individuen (KALLWEIT et al., 1975).

Besondere Einflußfaktoren für die Fleischqualität sind neben der genetischen Veranlagung die Haltung, der Transport, die Nüchterung, die Standzeit, die Betäubungsart, das Gewicht und die Muskelfülle (AUGUSTINI, 1983; MARTIN et al., 1981). Besonders betroffen sind dabei die Rassen Pietrain, Belgische Landrasse und in geringerem Ausmaß die Rassen Deutsche Landrasse und deutsches Edelschwein (BERGMANN, 1979).

Die pathologischen Erscheinungsformen treten beim Schwein in Form von Belastungsmypopathien auf. Dazu gehören:

1. Die PSE-Muskulatur

2. Die belastungsbedingte Kardiomyopathie

3. Die akute Rückenmuskelnekrose

Die akute Rückenmuskelnekrose, auch als Bananenkrankheit bezeichnet, und die belastungsbedingte Kardiomyopathie, die zu Kreislaufversagen mit Todesfällen und zum Transporttod führen kann, haben nicht das Ausmaß angenommen, wie die substantiellen Mängel bei PSE-Muskulatur. PSE-Muskulatur - pale (blaß), soft (weich), exudative (wässrig) - zeigt pathologisch-anatomisch eine blasse, grauweiße bis graugelbe Farbe, eine mürbe Konsistenz und eine mehr oder weniger deutliche Flüssigkeitsabgabe. Bevorzugt sind der *Musculus longissimus dorsi*, *M. semimembranosus*, *M. gluteus medius*, *M. iliopsoas* und *M. semitendineus* betroffen (BERGMANN, 1979). Bei dem am häufigsten befallenen Kotelettstrang (*M. longissimus dorsi*) fallen Qualitätsabweichungen wegen seines hohen Gewichtsanteils am Schlachttierkörper am stärksten ins Gewicht (LINKE u. HEINZ, 1972). Physiologisch-chemisch kennzeichnend für PSE ist eine starke Milchsäureanreicherung im Muskel, die post mortem zu einem raschen pH-Abfall führt (s. 2.2.2). Da zu diesem Zeitpunkt die Temperatur in der Muskulatur noch hoch ist, kommt es zu einer partiellen Denaturierung der Muskelproteine. Wirtschaftliche Verluste treten dabei infolge fleischbeschaulicher Beanstandungen und durch verringertes Safthaltevermögen des Fleisches auf (AUGUSTINI, 1983).

Im Gegensatz zur PSE-Muskulatur kann bei DFD-Fleisch - dark (dunkel), firm (fest), dry (trocken)- aufgrund verbrauchter Glykogenreserven nach der Schlachtung nur noch wenig Milchsäure gebildet werden (s.2.2.2). Durch die fehlende Säuerung kommt es zu optimalen Wachstumsbedingungen eiweißabbauender Mikroorganismen im Fleisch, die Verderbnis und Fehlfabrikate verursachen können. Die Grenzwerte zur Einstufung von Schweinefleisch nach einzelnen Qualitätsmerkmalen werden wie folgt ermittelt:

Tabelle 1: Grenzwerte für die Schweinefleischqualität

		gut	mittelgradig	schlecht
1. pH	45 min	6,2 - 6,4	5,8 - 6,1 6,5 - 6,6	< 5,8 > 6,6
	24 h	< 5,9	5,8 - 6,2	> 6,2
2. LF	45 min	< 4,8	4,81- 9,79	> 9,8
	24 h	< 7,3	7,21- 9,79	> 9,8
3. R-WERT		< 1,05	> 1,05	> 1,05
4. Kochverl. %		< 40,0	40,0 - 44,0	> 44,0
5. Dripverl. %		< 3,0	3,0 - 5,5	> 5,5

Erläuterungen zu Tabelle 1:

45 min (gemessen 45-60 min post mortem)

24 h (gemessen 24 h post mortem)

Tabelle 2: Grenzwerte für Fleischqualitätsmängel

			PSE	DFD
1. pH	45 min	Schinken	< 5,8	> 6,8
	45 min	Kotelett	< 5,6	> 6,8
	24 h		---	> 6,2
2. LF	45 min		> 7	---
	24 h		> 10	---
3. Göfo	45 min		< 60	> 80
	24 h		< 50	---
4. R-Wert			> 1,05	> 1,05
5. Safthalteverm. %			> 30	< 15
6. Dripverl. %			> 5,0	< 1,0

Erläuterungen zu Tabelle 2:

45 min (gemessen 45-60 min post mortem)

24 h (gemessen 24 h post mortem)

Schinken (Meßstelle im Musculus semimembranosus)

Kotelett (Meßstelle im Musculus longissimus dorsi)

2.2.4.1 DER EINFLUSS DER JEWEILS ANGEWENDETEN BETÄUBUNGSMETHODE AUF DIE FLEISCHQUALITÄT

Die Fleischqualität kann durch die Schlachttechnik, vor allem durch die der Betäubung, negativ beeinflusst werden. Durch Änderungen, die in jüngster Zeit z.B. durch Anwendung höherer Stromspannung oder zumindest größerer Stromstärken eingeführt werden, sind kürzere Betäubungszeiten möglich, die in Verbindung mit einem schonenderen Verbringen zur Betäubung und dem unverzüglichen Entbluten im Liegen eine bessere Fleischqualität bewirken. Neben einer Reduzierung des PSE-Anteils werden durch diese Schlachttechniken vor allem Knochenbrüche und Blutungen in die Muskulatur unterbunden (SYBESMA u. GROEN, 1970; WOLTERSDORF u. TROEGER, 1986). Durch die im Rahmen der CO₂-Betäubung bedingte Reduzierung des Luft- und damit des Blutsauerstoffes sehen LEEST et al. (1970) einen vermehrten Lactatanfall als Ursache größerer PSE-Häufigkeit. Auch SCHEPER (1977) gibt eine Tendenz der CO₂-betäubten Schweine zu niedrigeren pH-Werten an und folgert daraus eine PSE-Zunahme. Zu anderen Aussagen kommen TADIĆ und CIRIĆ 1962 aufgrund ihrer Untersuchungen. Danach zeichnen sich die pH-Messungen bei CO₂-betäubten Schweinen durch höhere Werte aus als bei elektrisch betäubten.

Bei der elektrischen Betäubung und bei der Betäubung mittels Bolzenschußapparat auftretende Muskelblutpunkte (BURSON et al., 1983), hervorgerufen durch Rupturieren

kleiner Kapillaren, sollen nach der CO₂-Betäubung nur in geringem Umfang auftreten (TADIĆ u. CIRIĆ, 1962; SYBESMA, 1980; KLOVBORG LARSEN, 1983). KLOVBORG LARSEN (1983) kommt darüber hinaus zu dem Ergebnis, daß alleinige pH-Messungen zur Bestimmung der Fleischqualität von CO₂-betäubten Schweinen nicht genügen.

Nach der elektrischen Betäubung mit Spannungen bis 250 V treten vermehrt Knochenbrüche in der Schulter, an der Wirbelsäule und im Bereich des Beckens auf (WOLTERING, 1983; KORTMANN u. RING, 1986), jedoch nicht bei der CO₂-Betäubung (TADIĆ u. CIRIĆ, 1962; KLOVBORG LARSEN, 1983).

Die Reduzierung von Stresseinwirkung ante mortem sehen SCHÖBERLEIN et al. (1979) sowie MOSFELDT LAURSEN (1983) als wesentliche Voraussetzung zur Verbesserung der Fleischqualität. Eine Möglichkeit zur Erreichung dieses Ziels sehen RING und BLENDL (1984) insbesondere für stresslabile Rassen im Containertransport der Stallgruppen zum Schlachtbetrieb bis zur Betäubungsbucht.

Den Anregungen zur Verbesserung der Schlachttechnik zuzuordnen sind Ergebnisse von FISCHER und AUGUSTINI (1981), die in dem praxisüblichen einseitigen Aufhängen der Schlachttierkörper und der damit verbundenen stärkeren Beanspruchung dieser Muskelpartien eine Ursache für die Qualitätsminderung dieser Schlachtkörperteile sehen. Nach HONIKEL (1986) können selbst bei PSE-verdächtigem Verarbeitungsfleisch Qualitätsminderungen in Form struktureller Mängel durch alsbaldige Kühlung nach dem Schlachten vermindert werden. Dabei sollen bio-

chemische Prozesse im Rahmen des Kühlvorganges in ihrem Ablauf verlangsamt werden. Diesem Hinweis kommt insofern Bedeutung zu, als selbst nach Untersuchungen jüngerer Zeit (HILSE, 1986; RING u. BORNSCHLEGEL, 1987; RING u. LEISTNER, 1987) es in der Bundesrepublik Deutschland kaum möglich ist, kontinuierlich Schlachttierkörper von beförderten Schweinen zu beziehen, die eine Kerntemperatur - wie rechtlich vorgeschrieben - von nicht mehr als 7°C aufweisen.

2.3 ZUCHTSELEKTION AUF STRESSRESISTENTE SCHWEINE

Der Einfluß der Zuchtselektion auf Fleischfülle ist gerade in den letzten Jahren durch die Beibehaltung von Rassen (Belgische Landrasse und Pietrain), die im Rahmen der Klassifizierung aufgrund ihres Fleischansatzes sehr gute bis hervorragende Bewertungen erbringen, besonders deutlich geworden.

Solche Schweine sind den praxisüblichen Stresseinflüssen beim Treiben aus ihrer Stallbucht auf das Transportfahrzeug, während der Beförderung, beim Entladen in die Sammelbucht des Schlachtbetriebes und im Treibgang zur Betäubungsbucht nicht gewachsen und entwickeln aufgrund ihrer erblichen Disposition Belastungsmypopathien (BLENDL, 1984).

Um die Stressanfälligkeit der Schweine feststellen und damit züchterisch auswerten zu können, haben sich in der Praxis vor allem zwei Testverfahren bewährt.

2.3.1 DER CK-TEST

Auf den Hülseberger Gesprächen stellte BICKHARDT bereits 1971 eine hochsignifikante negative Korrelation zwischen der Creatin-Kinase-Aktivität (CK) im Blutplasma und dem pH-Wert 45 min post mortem fest. Dieser Sachverhalt wurde in nachfolgenden Untersuchungen bestätigt (BLENDL, 1980). Im Rahmen des CK-Testes am Schwein von mindestens 70 kg Lebendgewicht werden die Tiere zur Beurteilung der Stressanfälligkeit einer genau definierten,

standardisierten und wiederholbaren Belastung unterzogen. Die dabei auftretenden anaeroben glykolytischen Prozesse führen zu Permeabilitätsstörungen der Zellmembran und damit zum Austritt zellulärer Enzyme - so auch der CK - in die Blutbahn. Dabei ist 12-20 h nach der Belastung der Höchstwert der CK-Aktivität zu erwarten, der danach langsam absinkt. Zur Blutabnahme für die CK-Aktivitätsbestimmung werden deshalb einheitlich 24 h nach der Belastung empfohlen.

Die standardisierte Belastung wird durch intramuskuläre oder subkutane Injektion von 1 ml "Myostress" (4 mg Neostigmin-bromid und 4 mg Atropin sulfuricum) ausgelöst. Der Cholinesterasehemmer Neostigmin führt zu einer etwa einstündigen Erregung des motorischen Systems, während die muskarinartige Wirkung auf parasymphatische Erfolgsorgane von Atropin unterdrückt wird.

Nachdem die CK den Muskelenzymen zuzuordnen ist, kommt der Ausbildung der Muskulatur der Schweine Bedeutung zu. Die Aussagekraft des CK-Testes bei Schweinen mit einem Lebendgewicht von weniger als 70 kg wäre deshalb gemindert, so daß solche Tiere diesem Test nicht zugeführt werden (BLENDL, 1984).

2.3.2 DER HALOTHAN-TEST

Im Testverfahren "Halothan-Test" wird von der Hypothese ausgegangen, daß die Provozierbarkeit des Malignen-Hyperthermie-Syndroms (MHS) ein brauchbarer Parameter für die Stressanfälligkeit des Schweines ist (PETRI et al., 1980). Das Narkotikum Halothan bewirkt bei stresslabilen Schweinen eine alsbaldige Verkrampfung der Muskulatur zu einem Dauertonus bei gleichzeitigem langfristigem Anstieg der Körpertemperatur. Diese Verkrampfung, hervorgerufen durch eine metabolische Acidose, wird auch als "Rigor mortis in vivo" bezeichnet. Bei Eintritt dieses Zustandes ist die Narkose sofort abubrechen, weil eine weitere Beatmung mit Halothan zum Exitus führen würde. Schweine, die auf Halothan ansprechen, d.h. Halothan positiv sind, reagieren innerhalb eines Narkosezeitraumes von 5 min mit einer Verkrampfung der Gliedmaßen. Gleichzeitig können auch fleckige, zyanotische Hautverfärbungen auftreten. Stressresistente - halothan negative - Schweine zeigen während des Testes keine Verkrampfung, liegen also völlig entspannt. Nachdem die Tiere mindestens 12 h genüchtert sein sollen, ist es sinnvoll, um möglichst frühzeitig die Streßempfindlichkeit der Schweine feststellen zu können, Jungschweine dem Test mit einem Gewicht zwischen 20-30 kg Lebendgewicht zuzuführen (BLENDL, 1980).

Der gegenwärtig wohl bedeutendste praxisübliche Test auf Stressanfälligkeit der Schweine wird im einzelnen wie

folgt ausgeführt: bei Verwendung eines halbgeschlossenen Narkosesystems erfolgt die Vermischung der Ausatemluft mit dem aus dem Halothan-Vapor zufließenden Gas, um dem Schwein danach erneut zugeführt zu werden. Weiterer Bestandteil des Narkosesystems ist eine Sauerstoffdruckflasche, von der Sauerstoff über einen Druckminderer mit angeschlossenem Manometer in das Flowmeter strömt. Am Flowmeter wird manuell das vom Tier benötigte Atemvolumen eingestellt. Optisch wird dies durch einen in einem senkrecht stehenden graduierten Glaszylinder befindlichen Schwebekörper angezeigt. Nach Durchströmen des Flowmeters gelangt der Sauerstoff in den Verdampfer, in dem die Vermischung mit Halothan erfolgt. Dieser Halothan-Vapor ermöglicht eine stufenlose Dosierung von reinem Sauerstoff bis zu einem Halothan-Sauerstoffgemisch mit maximal 4 % Halothan. Die Tiere werden im Narkosesystem mit 4 % Halothan in reinem Sauerstoff beatmet. Nach Füllung des Atembeutels wird die Durchflußmenge auf 1,5 l / min begrenzt. Das entspricht dem Atemminutenvolumen eines ca. 25 kg schweren Tieres.

Die durchschnittliche Beatmungsdauer beträgt 3 min. Falls sich keine eindeutige Reaktion zeigt, kann die Beatmungsdauer auf 5 min ausgedehnt werden. Während der gesamten Versuchsdauer wird die Skelettmuskulatur kontrolliert. Der Test wird unabhängig von der Zeitdauer dann abgebrochen, wenn sich eine positive Reaktion zeigt (BLENDL, 1980; BLENDL et al., 1984; MATZKE et al., 1984).

3 EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1 MATERIAL

3.1.1 MESSGERÄTE FÜR DIE BESTIMMUNG DER FLEISCH- QUALITÄTSPARAMETER

Die Messungen der Fleischqualitätsparameter für die unter Laborbedingungen betäubten und geschlachteten Schweine wurden im Versuchsschlachthaus und im chemischen Labor der Bayerischen Landesanstalt für Tierzucht in Grub bei München vorgenommen.

Die Ermittlung der Fleischqualität der Schlachtschweine aus Mariensee erfolgte im Institut für Tierzucht und Tierverhalten der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), Institutsteil Mariensee.

Im Schlachthaus Crailsheim (Fleischzentrale Südwest) wurden die Messungen am Schlachtband durchgeführt.

Folgende Geräte standen in der Bayerischen Landesanstalt für Tierzucht in Grub zu meiner Verfügung:

für die pH-Messung das Digital pH Meter 651 "Portamess" der Fa. Knick,

für die Leitfähigkeit das Leitfähigkeitsmeßgerät "LF Digi 550" der Fa. WTW Wissenschaftlich Technische Werkstätten 8120 Weilheim,

für den Göfo-Wert der photoelektrische Farbhelligkeitsmesser Modell Göfo der Fa. Ernst Schütt junior, 3400 Göttingen,

für den Rigorwert das am Instituut voor Veeteeltkundig (IVO), Zeist, (Schoonoord), Niederlande entwickelte Rigormeter,

für die Gewichtsermittlung die Waage "Mettler PC 4400" der Fa. Delta Range,

für die Bestimmung des freien Wasseranteils die Kompressoren und das Fließpapier der Fa. Schleicher und Schüll, 3354 Dassel,

für die Ermittlung des Refraktometerwertes das Photometer "Spektrophotometer" Modell 24 der Fa. Beckmann, USA

und für den Kochverlust ein Dampfkochtopf der Fa. Sicomat.

In Mariensee wurden die gleichen Geräte verwendet, ebenso in Crailsheim, einzige Ausnahme davon war in Crailsheim ein pH-Meter, Typ 117 D, Fa. Püsl, 8000 München, mit einer Einstabmeßkette der Wissenschaftlich technischen Werkstätten (WTW), 8120 Weilheim.

3.1.2 TIERE

Die Betäubungsversuche wurden unter Laborbedingungen und unter Praxisbedingungen durchgeführt.

Für die Untersuchungen unter Laborbedingungen standen 18 Läufer mit einem Gewicht von 25-40 kg Lebendgewicht zur Verfügung. Die genetische Herkunft der Schweine wurde als Gebrauchskreuzung aus Pietrain x Deutsche Landrasse (PI x DL) angegeben.

Nach der Anlieferung wurden die Schweine gewogen und auf Noppengummiboden in Einzelboxen mit Plexiglaswänden, die Sicht- und Schnüffelkontakte erlauben, aufgestellt. Die klimatisierten Räume wiesen eine gleichmäßige Temperatur von 20-21 ° C mit einer Luftfeuchtigkeit von 60-70 % auf. Die Stallungen waren mittels einer Tag-Nacht-Schaltung mit einem Lichtmaximum von 500 Lux über 10 Tagesstunden beleuchtet.

Am Morgen nach der Anlieferung wurden die Schweine nüchtern dem Halothantest unterzogen. Dabei wurde wie o.a. (s. 2.3.2) vorgegangen. Als Atemmaske wurde eine Betäubungsmaske für große Hunde verwendet. Bei vorzeitigem positivem Ergebnis des Halothantestes wurde die Beatmung mit Halothan und Sauerstoff abgebrochen, um eine übermäßige Beanspruchung der ohnehin labilen Tiere zu vermeiden.

Während der folgenden Aufstallung wurde Wasser ad libitum und morgens und abends Vorbereitungsfutter für Absatzferkel der Firma Deuka angeboten.

In Mariensee standen für die Betäubungsversuche und für die Fleischqualitätsmessungen drei weibliche Schweine von 102-108 kg Lebendgewicht der Kreuzung Duroc x Deutsche Landrasse ((DU x DL) x DL) zur Verfügung. Die Tiere wurden in einem klimatisierten Stall in Einzelboxen bei 20 ° C und einer Luftfeuchtigkeit von 60-70 % gehalten. Die Beleuchtung erfolgte über 10 h mit einem Lichtmaximum von 500 Lux. Die Ergebnisse eines möglichen Halothan-testes waren nicht mehr verfügbar.

Bei den Untersuchungen unter Praxisbedingungen im Schlachthaus in Crailsheim standen 103 Schweine mit einem Lebendgewicht von ca. 100 kg der Gebrauchskreuzung Pietrain x Deutsche Landrasse (PI x DL) zur Verfügung. Die Herkunft und der Halothanstatus der Tiere waren nicht zu ermitteln.

3.2 METHODEN

3.2.1 OPERATIVE VORBEREITUNG DER BETÄUBUNGSVERSUCHE

Die Läufer (s. 3.1.2), deren Schlachtkörper für die Qualitätsbestimmung des Fleisches vorgesehen waren, unterlagen aufgrund ihres Einsatzes im einleitend beschriebenen CO₂-Forschungsprojekt folgenden Vorbehandlungen. Um im Rahmen des o.a. Forschungsprojektes während der CO₂-Betäubung ein Elektroencephalogramm (EEG) aufzeichnen zu können, wurden ein oder zwei Tage vor dem Betäubungsversuch in das Os frontale des jeweiligen Tieres Elektroden implantiert. So war eine cortikale Abnahme des EEGs möglich (RING u. CO₂-Forschergruppe, 1988). Dabei wurden auch je ein Katheter in die Vena jugularis und die Arteria carotis implantiert, um sowohl venöses als auch arterielles Blut abnehmen zu können. Nach dem Schlachten wurde an den Tierkörperhälften der richtige Sitz der EEG-Elektroden kontrolliert. Die gleichen Operationen wurden als Vorbereitung der CO₂-Betäubungsversuche in Mariensee durchgeführt.

3. 2. 2 DURCHFÜHRUNG DER BETÄUBUNG MITTELS CO₂

Die CO₂-Betäubung der unter Laborbedingungen zu prüfenden Läufer wurde in einer Betäubungskammer (Plexiglas, Innenmaße 96 cm x 34 cm x 56 cm) durchgeführt. Dabei wurden dem Versuchstier schon in der Stallbox Blutproben zur Ermittlung der Ruhe-Blutgaswerte entnommen. Das Umsetzen des Schweines aus der gewohnten Box in die Betäubungskammer hatte eine individuell unterschiedlich

starke Aufregung zur Folge, die zur Beruhigung der Tiere eine Unterbrechung des Versuches von 10-15 min erforderte. In dieser Zeit wurden die Elektroden an den EEG-Schreiber (Fa. Siemens, Modell "Elema") angeschlossen.

Im Versuch wurde das CO₂-Reservoir (ca. 200 l Volumen), den praxisüblichen CO₂-Konzentrationen entsprechend, in die Betäubungskammer entleert. Die Meßsonde zur Ermittlung der jeweiligen CO₂-Konzentration steckte in Höhe des Schweinerüssels in einer Halterung der Plexiglaswand.

In Mariensee wurde die Betäubung im Versuchsschlachthaus des o.a. Institutes durchgeführt. Dabei wurden die am Vortag operativ vorbereiteten Schlachtschweine auf einer Trage fixiert und mittels Elektrokraft in die mit CO₂ gefüllte Grube abgesenkt, um danach die für das o.a. Forschungsprojekt erforderlichen Messungen vornehmen zu können. Im Anschluß daran standen diese Schlachtschweine - wie vorher die Läufer - zur Qualitätsbestimmung des Fleisches zur Verfügung.

Die Betäubung in Crailsheim - einem kommerziellen Schlachthof mit Sondergenehmigung zur CO₂-Betäubung von Schlachtschweinen - wurde unter den Bedingungen der Bandschlachtung durchgeführt. Dabei wurden ca. 2000 Schweine pro Arbeitstag betäubt und geschlachtet.

3.2.3 FLEISCHGEWINNUNG UND MESSUNG DER FLEISCHQUALITÄTSPARAMETER

Unter Laborbedingungen wurden die Läufer nach 2 min Aufenthalt in der CO₂-Atmosphäre aus der Betäubungskammer entnommen und innerhalb 10 sec zur Entblutung gestochen. Dabei wurden die Schweine auf die rechte Körperseite gelegt.

Nach dem Entbluten wurden die Läufer innerhalb 30 min unausgenommen zum Versuchsschlachthaus in Grub transportiert und dort nach Gewichtsermittlung ausgeschlachtet und gespalten. Danach wurden die Fleischuntersuchung durchgeführt und ab 45 min post mortem die Fleischqualitätsparameter, wie unter 2.2.3 beschrieben, bestimmt. Folgende Reihenfolge wurde dabei eingehalten: Ermittlung des pH-Wertes, der Leitfähigkeit, des Rigor mortis, des Göfo, des freien Wassers und des R-Wertes.

Bei den Messungen 24 h p.m. wurden - mit Ausnahme des R-Wertes - dieselben Parameter in derselben Reihenfolge bestimmt und zusätzlich der Kochverlust ermittelt. Für den Drip-Verlust wurde eine Probe eingewogen. Danach standen beide Schlachtkörperhälften zur Untersuchung auf Muskelblutungen und Knochenbrüche zur Verfügung. Dazu wurde die gesamte Muskelmasse in würfelförmige Stücke mit Kantenlänge von ca. 1 cm zerschnitten.

Die Knochen wurden nach dem Auslösen auf etwaige akute Verletzungen gemustert.

In Mariensee wurden die betäubten Schweine aus ihrer Fixation befreit und danach unverzüglich auf der rechten

Körperseite liegend zur Entblutung gestochen. Anschließend wurden die Tiere ausgenommen, gespalten und danach dieselben Fleischqualitätsparameter ermittelt, wie sie in der Landesanstalt für Tierzucht in Grub bestimmt worden sind.

Aus technischen wie auch aus organisatorischen Gründen mußte in Crailsheim auf die Bestimmung des R-Wertes und des Kochverlustes verzichtet werden. Darüber hinaus erlaubt die Bandschlachthanlage in Crailsheim kein Entbluten der Schweine im Liegen. Nach dem Ausbluten, dem Ausnehmen, dem Spalten und der Fleischschau kamen die Schweine 25-30 min nach der Schlachtung zum amtlichen Wiegen. Danach konnten die Fleischqualitätsparameter (45 min p.m.) noch vor dem Transport der Tierkörperhälften in das Kühlhaus bestimmt werden.

Die Ermittlung des Safthaltevermögens und des Dripverlustes war an diesen, für den gewerblichen Handel bestimmten Hälften nicht möglich. Aus den gleichen Erwägungen konnte eine Zerlegung der Tierkörper in würfelförmige Teilstücke zur Untersuchung auf Muskelblutungen oder auch nur zur Untersuchung auf Knochenbrüche in der o.a. Form in Crailsheim nicht durchgeführt werden. Dadurch beschränkte sich die Untersuchung in der Fleischzentrale Crailsheim auf Vorhandensein von Muskelblutungen, Muskelblutpunkten und Knochenbrüchen auf die unzerteilte Tierkörperhälfte.

4 ERGEBNISSE

Im Rahmen der Messungen an den insgesamt 248 Schweinehälften wurden die Fleischqualitätsparameter, wie unter 2.2.3 und 3.2.3 beschrieben, ermittelt.

Vier Schweinehälften aus der Gruppe der Versuchstiere konnten bei der Auswertung nicht berücksichtigt werden, da zwei halothan positive (+) Tiere als Krankenschlachtungen (innere Körpertemperatur 41 und 41,5 ° C) ausfielen.

Aus der in der Fleischzentrale Crailsheim untersuchten Gruppe konnten sechs Schweinehälften nicht in die Auswertung einbezogen werden, weil der zur Auswertung verfügbare Rechner nur mit einer Speicherkapazität für 100 Tiere ausgerüstet war.

Dadurch kamen aus der Gruppe der Versuchstiere 7 halothan positive (+) und 9 halothan negative (-) Tiere zur Auswertung.

Aus der Gruppe der in der Fleischzentrale Crailsheim untersuchten Tiere waren es 100 und in Mariensee 3 Tierkörper, die nach den Untersuchungen zur Auswertung kamen.

Die verwendeten Abkürzungen und Kurzformen werden nachfolgend erläutert:

in den Tabellen:

Schw.-hälfte (Schweinehälfte)

Versuchstiere (Läufer aus dem Forschungsprojekt CO₂-
Schlachtschweine-Betäubung)

Schlachthof (Schlachtschweine aus der Fleischzentrale
Südwest in Crailsheim)

Mariensee (Schlachtschweine aus dem Institut für
Tierzucht und Tierverhalten der Bundes-
forschungsanstalt für Landwirtschaft)

Meßwerte 1 (gemessen 45-60 min post mortem)

Meßwerte 24 (gemessen 24 h post mortem)

Meßwerte 48 (gemessen 48 h post mortem)

in den Diagrammen:

rechts 45 min (gemessen rechte Schlachtkörperhälfte 45-60
min post mortem)

links 45 min (gemessen linke Schlachtkörperhälfte 45-60
min post mortem)

rechts 24 h (gemessen rechte Schlachtkörperhälfte 24 h
post mortem)

links 24 h (gemessen linke Schlachtkörperhälfte 24 h
post mortem)

4.1 ERGEBNISSE DER pH-WERT MESSUNG

4.1.1 IM MUSCULUS SEMIMEMBRANOSUS (M.S.)

Die Ergebnisse der pH-Wert Messungen im Musculus semimembranosus sind nachfolgend in den Tabellen 3-8 und den Diagrammen 1-2 zusammengefaßt wiedergegeben.

Erläuterungen s.S. 54.

Tabelle 3: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier pH 1 Musculus semimembranosus, Vergleich der Gruppen

Versuchstiere Schw.-hälfte		Schlachthof Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 16		rechts n = 100		rechts n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
6,10	0,15	6,07	0,24	6,47	0,18
links n = 16		links n = 100		links n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
6,20	0,28	6,08	0,22	6,45	0,14

Tabelle 4: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier pH 1 Musculus semimembranosus, Halothanstatusvergleich

Versuchstiere Schw.-hälfte rechts		Versuchstiere Schw.-hälfte links	
halothan (+)	halothan (-)	halothan (+)	halothan (-)
n = 7	n = 9	n = 7	n = 9
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
6,06	0,20	6,14	0,09
6,04	0,21	6,22	0,13

Tabelle 5: Mittelwerte und Standardabweichungen der
Fleischqualitätsparameter, hier pH 24
Musculus semimembranosus,
Vergleich der Gruppen

Versuchstiere Schw.-hälfte		Schlachthof Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 16		rechts n = 100		rechts n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
5,59	0,09	5,62	0,19	5,67	0,17
links n = 16		links n = 100		links n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
5,61	0,10	5,61	0,18	5,68	0,15

Tabelle 6: Mittelwerte und Standardabweichungen der
Fleischqualitätsparameter, hier pH 24
Musculus semimembranosus,
Halothanstatusvergleich

Versuchstiere Schw.-hälfte rechts				Versuchstiere Schw.-hälfte links			
halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 9		halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 9	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
5,63	0,09	5,57	0,09	5,63	0,09	5,59	0,11

Graphische Darstellung der Tabellenwerte, Tab. 3-6.

Diagramm 1: pH-Werte Musculus semimembranosus,
Mittelwerte und Standardabweichungen,
Gruppenvergleich Versuchstiere/Schlachthof

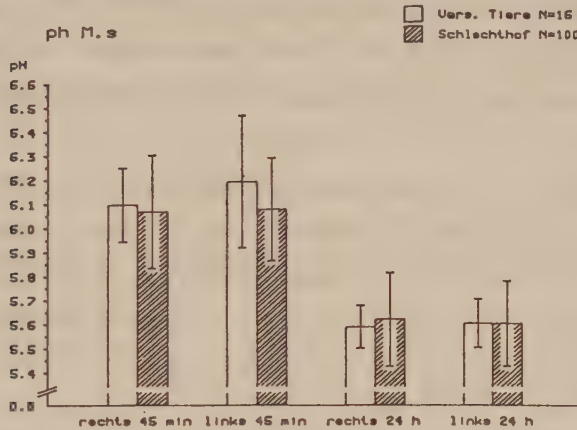
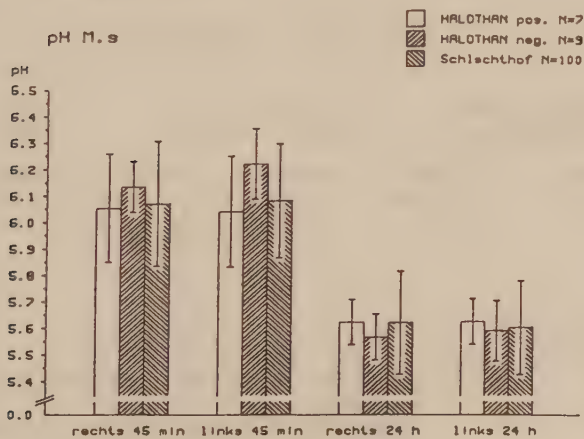


Diagramm 2: pH-Werte Musculus semimembranosus,
Mittelwerte und Standardabweichungen,
Gruppenvergleich halothan (+)/ halothan (-)/
Schlachthof



AUSWERTUNG (M.s., pH)

Die Mittelwerte der pH 1 und pH 24 Werte aller Gruppen lagen im Normbereich. Da aber Mängel, die auf PSE- oder DFD-Eigenschaften hinweisen, insbesondere bei umfangreichen Gruppen nur als Einzelwerte zu aussagekräftigen Ergebnissen führen, wird nachfolgend die Häufigkeit solcher Werte (in %) tabellarisch wiedergegeben.

Tabelle 7: Häufigkeit von PSE Werten bei pH 1, M.s.*

Versuchstiere Schw.-hälfte		Schlachthof Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 16	links n = 16	rechts n = 100	links n = 100	rechts n = 3	links n = 3
6,25	6,25	10	4	---	---
Versuchstiere halothan (+) Schw.-hälfte			Versuchstiere halothan (-) Schw.-hälfte		
rechts n = 7	links n = 7		rechts n = 9	links n = 9	
14,29	14,29		---	---	

Tabelle 8: Häufigkeit von DFD Werten bei pH 24, M.s.*

Versuchstiere Schw.-hälfte		Schlachthof Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 16	links n = 16	rechts n = 100	links n = 100	rechts n = 3	links n = 3
---	---	---	1	---	---

 * Erläuterungen zu den Tabellen 7 und 8:
 pH 1 M.s. (gemessen 45-60 min post mortem im Musculus semimembranosus < 5,8)
 pH 24 M.s. (gemessen 24 h post mortem im Musculus semimembranosus > 6,8)
 weitere Erläuterungen s.S. 54

In der Gruppe der Versuchstiere traten allein bei den halothan (+) Läufern PSE-Eigenschaften auf und zwar bei 14,29 % der Schweine. In der Gesamtheit der Versuchstiere betrug die PSE-Häufigkeit demzufolge 6,25 %.

Die in der Fleischzentrale Crailsheim untersuchten Schweinehälften zeigten eine PSE-Häufigkeit von 10 % an den rechten Tierkörperhälften, hingegen lag die PSE-Häufigkeit an den linken Tierkörperhälften lediglich bei 4 % der untersuchten Schweine.

Dementsprechend wurden an den insgesamt untersuchten 238 Tierkörperhälften in der Auswertung 6,7 % als Hälften mit PSE-Eigenschaften erkannt.

DFD-Eigenschaften wurden lediglich bei 1 % der Schlachthofgruppe festgestellt und das auch nur in der linken Schweinehälfte, das entspricht einer Gesamthäufigkeit von 0,4 %.

4.1.2. IM MUSCULUS LONGISSIMUS DORSI (M.l.d.)

4.1.2.1 IM M.l.d. IN HÖHE DES 4/5 LENDENWIRBELS

Die Ergebnisse der pH-Wert Messungen im Musculus longissimus dorsi in Höhe des 4/5 Lendenwirbels sind nachfolgend in den Tabellen 9-14 und in den Diagrammen 3-4 zusammengefaßt wiedergegeben.

Erläuterungen s.S. 54.

Tabelle 9: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier pH 1 Musculus longissimus dorsi, Lende, Vergleich der Gruppen

Versuchstiere Schw.-hälfte		Schlachthof Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 16		rechts n = 100		rechts n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
6,15	0,16	6,04	0,22	6,36	0,12
links n = 16		links n = 100		links n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
6,18	0,17	6,02	0,23	6,38	0,09

Tabelle 10: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier pH 1 Musculus longissimus dorsi, Lende, Halothanstatusvergleich

Versuchstiere Schw.-hälfte rechts		Versuchstiere Schw.-hälfte links			
halothan (+)	halothan (-)	halothan (+)	halothan (-)		
n = 7	n = 9	n = 7	n = 9		
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
6,19	0,22	6,11	0,11	6,20	0,23
				6,16	0,12

Tabelle 11: Mittelwerte und Standardabweichungen der
Fleischqualitätsparameter, hier pH 24
Musculus longissimus dorsi, Lende,
Vergleich der Gruppen

Versuchstiere Schw.-hälfte		Schlachthof Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 16		rechts n = 100		rechts n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
5,62	0,13	5,69	0,18	---	---
links n = 16		links n = 100		links n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
5,63	0,11	5,68	0,18	---	---

Tabelle 12: Mittelwerte und Standardabweichungen der
Fleischqualitätsparameter, hier pH 24
Musculus longissimus dorsi, Lende,
Halothanstatusvergleich

Versuchstiere Schw.-hälfte rechts		Versuchstiere Schw.-hälfte links	
halothan (+) n = 7	halothan (-) n = 9	halothan (+) n = 7	halothan (-) n = 9
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
5,67	0,12	5,59	0,13
		5,67	0,10
		5,59	0,11

Graphische Darstellung der Tabellenwerte, Tab. 9-12

Diagramm 3: pH-Werte *Musculus longissimus dorsi*, Lende, Mittelwerte und Standardabweichungen, Gruppenvergleich Versuchstiere/Schlachthof

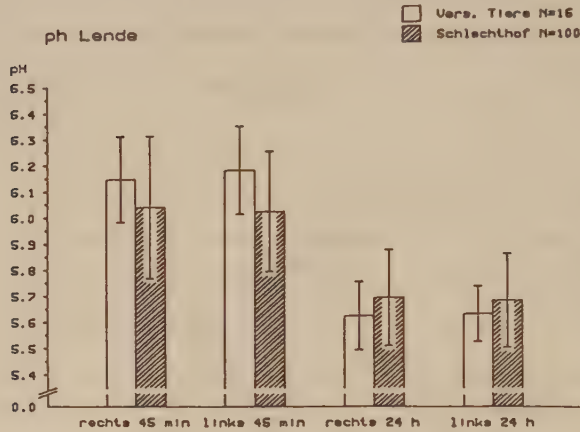
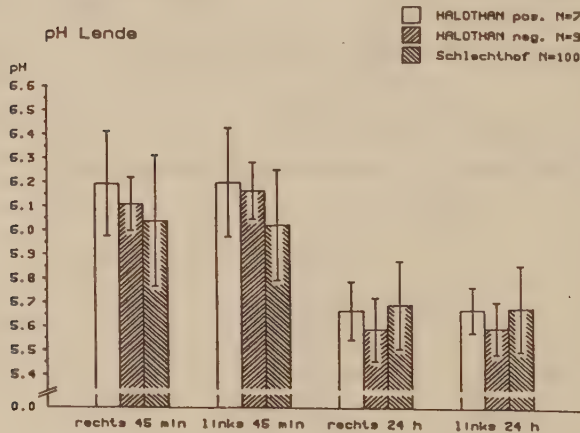


Diagramm 4: pH-Werte *Musculus longissimus dorsi*, Lende, Mittelwerte und Standardabweichungen, Gruppenvergleich halothan (+)/ halothan (-) / Schlachthof



AUSWERTUNG (M.l.d., 4/5 Lendenwirbel, pH)

Die Mittelwerte der pH 1 und pH 24 aller Gruppen lagen im Normbereich. Da aber Mängel, die auf PSE- oder DFD-Eigenschaften hinweisen, insbesondere bei umfangreichen Gruppen nur als Einzelwerte zu aussagekräftigen Ergebnissen führen, wird nachfolgend die Häufigkeit solcher Werte (in %) tabellarisch wiedergegeben.

Tabelle 13: Häufigkeit von PSE Werten bei pH 1, M.l.d.*

Versuchstiere		Schlachthof		Mariensee	
Schw.-hälfte		Schw.-hälfte		Schw.-hälfte	
rechts	links	rechts	links	rechts	links
n = 16	n = 16	n = 100	n = 100	n = 3	n = 3
---	---	6	3	---	---

Tabelle 14: Häufigkeit von DFD Werten bei pH 24, M.l.d.*

Versuchstiere		Schlachthof		Mariensee	
Schw.-hälfte		Schw.-hälfte		Schw.-hälfte	
rechts	links	rechts	links	rechts	links
n = 16	n = 16	n = 100	n = 100	n = 3	n = 3
---	---	---	1	---	---

* Erläuterungen zu den Tabellen 13 und 14:

pH 1 M.l.d. (gemessen 45-60 min post mortem im Musculus longissimus dorsi < 5,6)

pH 24 M.l.d. (gemessen 24 h post mortem im Musculus longissimus dorsi > 6,8)

weitere Erläuterungen s.S. 54

In der Gruppe der in der Fleischzentrale Crailsheim untersuchten Schweine traten in 6 % der rechten und in 3 % der linken Tierkörperhälften PSE-Eigenschaften auf. Dementsprechend wurden an den insgesamt untersuchten 238 Tierkörperhälften in der Auswertung 3,78 % als Hälften mit PSE-Eigenschaften erkannt.

DFD-Eigenschaften wurden lediglich bei 1 % der Schlachthofgruppe festgestellt und das auch nur in der linken Schweinehälfte, das entspricht einer Gesamthäufigkeit von 0,4 %.

4.1.2.2 IM M.l.d IN HÖHE DER 13/14 RIPPE

Die Ergebnisse der pH-Wert Messung im Musculus longissimus dorsi in Höhe der 13/14 Rippe sind nachfolgend in den Tabellen 15-19 und in den Diagrammen 5-6 zusammengefaßt wiedergegeben.

Erläuterungen s.S. 54.

Tabelle 15: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier pH 1 Musculus longissimus dorsi, 13/14 Rippe, Vergleich der Gruppen

Versuchstiere Schw.-hälfte		Schlachthof Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 16		rechts n = 100		rechts n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
6,14	0,15	6,04	0,25	6,44	0,10
links n = 16		links n = 100		links n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
6,13	0,16	6,01	0,24	6,55	0,02

Tabelle 16: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier pH 1 Musculus longissimus dorsi, 13/14 Rippe, Halothanstatusvergleich

Versuchstiere Schw.-hälfte rechts				Versuchstiere Schw.-hälfte links			
halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 9		halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 9	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
6,11	0,16	6,15	0,14	6,06	0,18	6,17	0,12

Tabelle 17: Mittelwerte und Standardabweichungen der
Fleischqualitätsparameter, hier pH 24
Musculus longissimus dorsi, 13/14 Rippe,
Vergleich der Gruppen

Versuchstiere Schw.-hälfte		Schlachthof Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 16		rechts n = 100		rechts n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
5,63	0,12	5,70	0,18	5,71	0,20
links n = 16		links n = 100		links n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
5,62	0,09	5,66	0,19	5,72	0,32

Tabelle 18: Mittelwerte und Standardabweichungen der
Fleischqualitätsparameter, hier pH 24
Musculus longissimus dorsi, 13/14 Rippe,
Halothanstatusvergleich

Versuchstiere Schw.-hälfte rechts				Versuchstiere Schw.-hälfte links			
halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 9		halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 9	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
5,67	0,13	5,59	0,11	5,67	0,09	5,58	0,08

Graphische Darstellung der Tabellenwerte, Tab. 15-18

Diagramm 5: pH-Werte Musculus longissimus dorsi, 13/14
Rippe, Mittelwerte und Standardabweichungen,
Gruppenvergleich Versuchstiere/Schlachthof

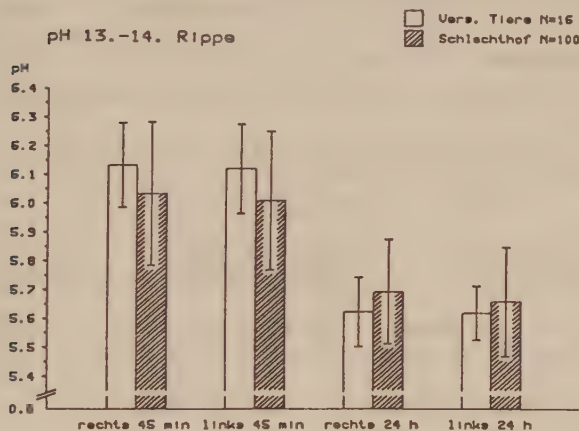
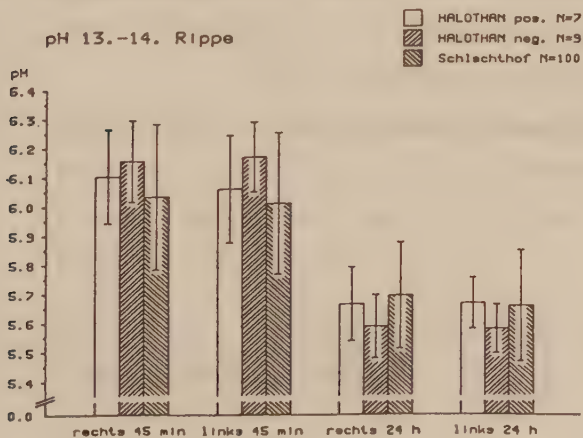


Diagramm 6: pH-Werte Musculus longissimus dorsi, 13/14
Rippe, Mittelwerte und Standardabweichungen,
Gruppenvergleich halothan (+)/ halothan (-)
/ Schlachthof



AUSWERTUNG (M.l.d., 13/14 Rippe, pH)

Die Mittelwerte der pH 1 und pH 24 Werte aller Gruppen lagen im Normbereich. Da aber Mängel, die auf PSE- oder DFD-Eigenschaften hinweisen, insbesondere bei umfangreichen Gruppen nur als Einzelwerte zu aussagekräftigen Ergebnissen führen, wird nachfolgend die Häufigkeit solcher Werte (in %) tabellarisch wiedergegeben.

Tabelle 19: Häufigkeit von PSE Werten bei pH 1 M.l.d.,
13/14 Rippe*

Versuchstiere		Schlachthof		Mariensee	
Schw.-hälfte		Schw.-hälfte		Schw.-hälfte	
rechts	links	rechts	links	rechts	links
n = 16	n = 16	n = 100	n = 100	n = 3	n = 3
---	---	1	2	---	---

In der Gruppe der in der Fleischzentrale Crailsheim untersuchten Schweine traten in 1 % der rechten und 2 % der linken Tierkörperhälften PSE-Eigenschaften auf.

Dementsprechend wurden an den insgesamt untersuchten 238 Tierkörperhälften in der Auswertung 1,26 % als Hälften mit PSE-Eigenschaften erkannt.

DPD-Eigenschaften wurden in diesem Bereich nicht festgestellt.

* Erläuterungen zu Tab. 19:

pH 1 M.l.d. (gemessen 45-60 min post mortem im Musculus longissimus dorsi < 5,6)

weitere Erläuterungen s.S. 54

4.1.2.3 IM M.l.d. IN HÖHE DER 5/6 RIPPE

Die Ergebnisse der pH-Wert Messungen im Musculus longissimus dorsi in Höhe der 5/6 Rippe sind nachfolgend in den Tabellen 20-24 und in den Diagrammen 7-8 zusammengefaßt wiedergegeben.

Erläuterungen s.S. 54.

Tabelle 20: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier pH 1 Musculus longissimus dorsi, 5/6 Rippe, Vergleich der Gruppen

Versuchstiere Schw.-hälfte		Schlachthof Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 16		rechts n = 100		rechts n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
6,14	0,17	6,07	0,24	6,39	0,25
links n = 16		links n = 100		links n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
6,09	0,19	6,08	0,21	6,18	0,40

Tabelle 21: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier pH 1 Musculus longissimus dorsi, 5/6 Rippe, Halothanstatusvergleich

Versuchstiere Schw.-hälfte rechts				Versuchstiere Schw.-hälfte links			
halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 9		halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 9	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
6,12	0,18	6,15	0,17	6,09	0,24	6,08	0,15

Tabelle 22: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier pH 24 Musculus longissimus dorsi, 5/6 Rippe, Vergleich der Gruppen

Versuchstiere Schw.-hälfte		Schlachthof Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 16		rechts n = 100		rechts n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
5,69	0,10	5,73	0,22	5,71	0,22
links n = 16		links n = 100		links n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
5,67	0,12	5,66	0,31	5,72	0,32

Tabelle 23: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier pH 24 Musculus longissimus dorsi, 5/6 Rippe, Halothanstatusvergleich

Versuchstiere Schw.-hälfte rechts				Versuchstiere Schw.-hälfte links			
halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 9		halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 9	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
5,72	0,12	5,65	0,07	5,73	0,13	5,62	0,09

Graphische Darstellung der Tabellenwerte, Tab. 20-23.

Diagramm 7: pH-Werte Musculus longissimus dorsi, 5/6
Rippe, Mittelwerte und Standardabweichungen,
Gruppenvergleich Versuchstiere/Schlachthof

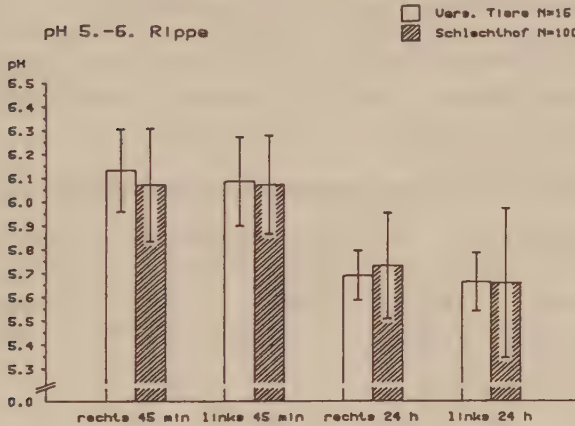
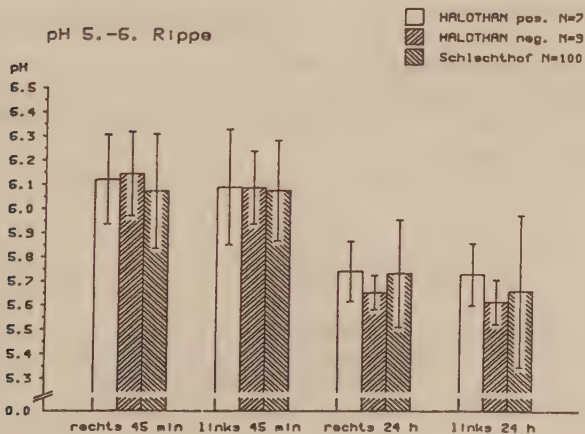


Diagramm 8: pH-Werte Musculus longissimus dorsi, 5/6
Rippe, Mittelwerte und Standardabweichungen,
Gruppenvergleich halothan (+)/halothan (-)/
Schlachthof



AUSWERTUNG (M.l.d., 5/6 Rippe, pH)

Die Mittelwerte der pH 1 und pH 24 Werte aller Gruppen lagen im Normbereich. Da aber Mängel, die auf PSE- oder DFD-Eigenschaften hinweisen, insbesondere bei umfangreichen Gruppen nur als Einzelwerte zu aussagekräftigen Ergebnissen führen, wird nachfolgend die Häufigkeit solcher Werte (in %) tabellarisch wiedergegeben.

Tabelle 24: Häufigkeit von PSE Werten bei pH 1, M.l.d.*

Versuchstiere		Schlachthof		Mariensee	
Schw.-hälfte		Schw.-hälfte		Schw.-hälfte	
rechts	links	rechts	links	rechts	links
n = 16	n = 16	n = 100	n = 100	n = 3	n = 3
---	---	6	2	---	---

In der Gruppe der in der Fleischzentrale Crailsheim untersuchten Schweine traten in 6 % der rechten und in 2 % der linken Tierkörperhälften PSE-Eigenschaften auf.

Dementsprechend wurden an den insgesamt untersuchten 238 Tierkörperhälften in der Auswertung 3,36 % als Hälften mit PSE-Eigenschaften erkannt.

DFD-Eigenschaften konnten in diesem Bereich nicht festgestellt werden.

* Erläuterungen zu Tabelle 24:

pH 1 M.l.d. (gemessen 45-60 min post mortem im Musculus longissimus dorsi < 5,6)

weitere Erläuterungen s.S. 54

4.2 ERGEBNISSE DER LEITFÄHIGKEITSMESSUNG (LF)

4.2.1 IM MUSCULUS SEMIMEMBRANOSUS

Die Ergebnisse der Leitfähigkeitsmessung im Musculus semimembranosus sind nachfolgend in den Tabellen 25-29 und in den Diagrammen 9-10 zusammengefaßt wiedergegeben. Erläuterungen s.S. 54.

Tabelle 25: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier LF 1 Musculus semimembranosus, Vergleich der Gruppen

Versuchstiere Schw.-hälfte		Schlachthof Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 16		rechts n = 100		rechts n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
5,16	3,99	6,52	3,87	4,66	1,08
links n = 16		links n = 100		links n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
5,15	4,00	6,44	3,46	4,01	0,28

Tabelle 26: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier LF 1 Musculus semimembranosus, Halothanstatusvergleich

Versuchstiere Schw.-hälfte rechts				Versuchstiere Schw.-hälfte links			
halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 9		halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 9	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
6,49	5,97	4,12	0,67	6,48	5,98	4,11	0,74

Tabelle 27: Mittelwerte und Standardabweichungen der
Fleischqualitätsparameter, hier LF 24
Musculus semimembranosus,
Vergleich der Gruppen

Versuchstiere Schw.-hälfte		Schlachthof Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 16		rechts n = 100		rechts n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
5,34	2,08	7,16	2,17	3,29	1,12
links n = 16		links n = 100		links n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
5,70	2,74	6,71	2,11	2,96	0,89

Tabelle 28: Mittelwerte und Standardabweichungen der
Fleischqualitätsparameter, hier LF 24
Musculus semimembranosus,
Halothanstatusvergleich

Versuchstiere Schw.-hälfte rechts				Versuchstiere Schw.-hälfte links			
halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 9		halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 9	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
5,47	2,68	5,26	1,64	6,20	3,58	5,31	2,01

Graphische Darstellung der Tabellenwerte, Tab. 25-28.

Diagramm 9: LF-Werte Musculus semimembranosus,
Mittelwerte und Standardabweichungen,
Gruppenvergleich Versuchstiere/Schlachthof

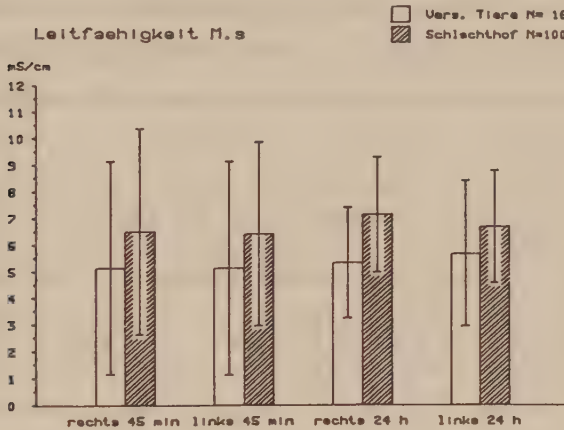
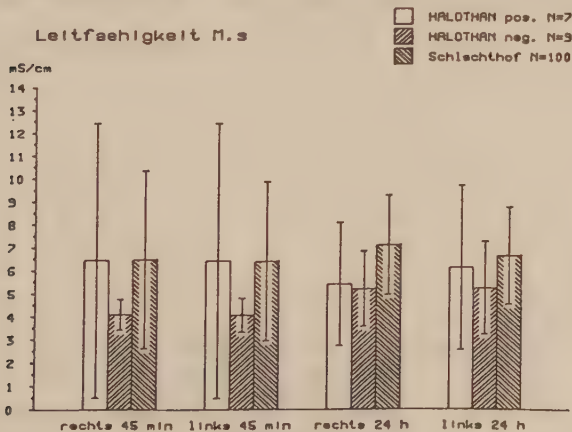


Diagramm 10: LF-Werte Musculus semimembranosus,
Mittelwerte und Standardabweichungen,
Gruppenvergleich halothan (+)/halothan (-)/
Schlachthof



AUSWERTUNG (M.s., LF)

Die Mittelwerte der LF 1 und LF 24 Werte aller Gruppen lagen im Normbereich. Da aber Mängel, die auf PSE- oder DFD-Eigenschaften hinweisen, insbesondere bei umfangreichen Gruppen nur als Einzelwerte zu aussagekräftigen Ergebnissen führen, wird nachfolgend die Häufigkeit solcher Werte (in %) tabellarisch wiedergegeben.

Tabelle 29: Häufigkeit von PSE Werten bei LF 1, M.s.*

Versuchstiere Schw.-hälfte		Schlachthof Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 16	links n = 16	rechts n = 100	links n = 100	rechts n = 3	links n = 3
6,25	6,25	22	23	---	---

Tabelle 30: Häufigkeit von PSE Werten bei LF 24, M.s.*

Versuchstiere Schw.-hälfte		Schlachthof Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 16	links n = 16	rechts n = 100	links n = 100	rechts n = 3	links n = 3
6,25	---	11	10	---	---

* Erläuterungen zu den Tabellen 29-30:

LF 1 M.s. (gemessen 45-60 min post mortem im Musculus semimembranosus > 7,0)

LF 24 M.s. (gemessen 24 h post mortem im Musculus semimembranosus > 10,0)

weitere Erläuterungen s.S. 54

Die Leitfähigkeit ist ein weiteres Kriterium, PSE-Eigenschaften nach 45-60 min, aber auch nach 24 h zu erfassen.

In der Gruppe der Versuchstiere wurden bei den einschlägigen Messungen 45-60 min p.m. sowohl in der rechten als auch in der linken Tierkörperhälfte 6,25 % PSE-Eigenschaften festgestellt. Die Häufigkeit der PSE-Eigenschaften in der Gruppe der am Schlachthof untersuchten Schweine betrug 45-60 min p.m. rechts 22 % und links 23 %. In der Gesamtheit der ausgewerteten 238 Tierkörperhälften betrug die PSE-Häufigkeit im Musculus semimembranosus 45-60 min p.m. 19,75 %.

In der Versuchstiergruppe wurden bei den Messungen 24 h p.m. in der rechten Tierkörperhälfte 6,25 % PSE-Eigenschaften festgestellt. Die Häufigkeit der PSE-Eigenschaften bei der Schlachthofgruppe betrug 24 h p.m. rechts 11 % und links 10 %.

In der Gesamtheit der ausgewerteten 238 Tierkörperhälften betrug die aufgrund von Leitfähigkeitsmessungen ermittelte PSE-Häufigkeit 24 h p.m. 9,24 %.

4.2.2 IM MUSCULUS LONGISSIMUS DORSI

Die Ergebnisse der Leitfähigkeitsmessung im Musculus longissimus dorsi sind nachfolgend in den Tabellen 31-36 und in den Diagrammen 11-12 zusammengefaßt wiedergegeben.

Tabelle 31: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier LP 1 Musculus longissimus dorsi, 13/14 Rippe, Vergleich der Gruppen

Versuchstiere Schw.-hälfte		Schlachthof Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 16		rechts n = 16		rechts n = 16	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
4,17	0,70	6,72	2,97	4,16	0,34
links n = 16		links n = 16		links n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
3,92	0,58	7,22	3,18	3,89	0,53

Tabelle 32: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier LP 1 Musculus longissimus dorsi, 13/14 Rippe, Halothanstatusvergleich

Versuchstiere Schw.-hälfte rechts				Versuchstiere Schw.-hälfte links			
halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 9		halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 9	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
4,43	0,85	3,97	0,51	4,15	0,74	3,74	0,37

Tabelle 33: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier LP 24 Musculus longissimus dorsi, 13/14 Rippe, Vergleich der Gruppen

Versuchstiere Schw.-hälfte		Schlachthof Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 16		rechts n = 100		rechts n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
3,47	0,67	5,99	1,84	2,41	0,55
links n = 16		links n = 100		links n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
3,49	0,78	6,26	1,96	2,65	0,86

Tabelle 34: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier LP 24 Musculus longissimus dorsi, 13/14 Rippe, Halothanstatusvergleich

Versuchstiere Schw.-hälfte rechts		Versuchstiere Schw.-hälfte links	
halothan (+) n = 7	halothan (-) n = 9	halothan (+) n = 7	halothan (-) n = 9
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
3,52	0,67	3,43	0,70
3,56	0,96	3,44	0,65

Graphische Darstellung der Tabellenwerte, Tab. 31-34.

Diagramm 11: LF Werte im Musculus longissimus dorsi,
13/14 Rippe, Mittelwerte und Standardab-
weichungen, Gruppenvergleich Versuchstiere
/ Schlachthof
Leitfähigkeit M.l.d

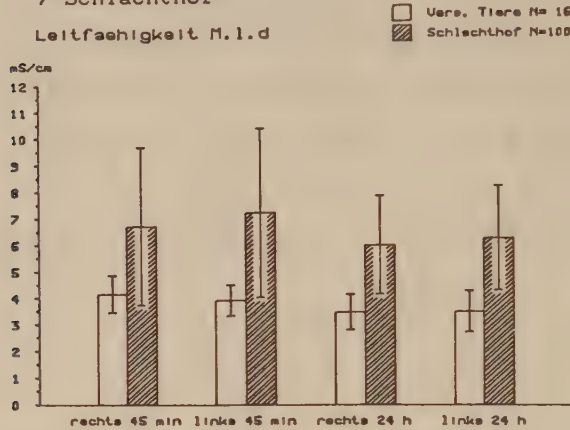
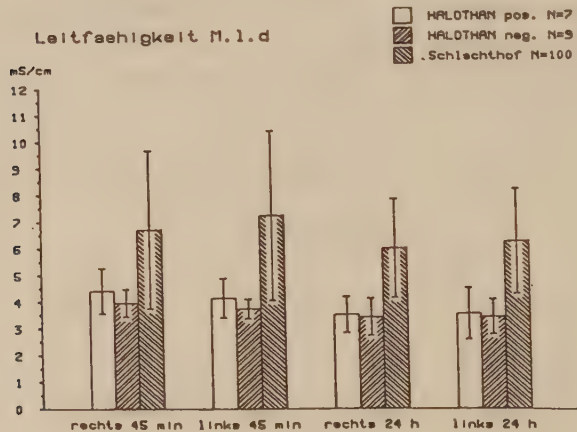


Diagramm 12: LF Werte im Musculus longissimus dorsi,
13/14 Rippe, Mittelwerte und Standard-
abweichungen, Gruppenvergleich halothan (+)
/ halothan (-)/Schlachthof
Leitfähigkeit M.l.d



AUSWERTUNG (M.l.d., LF)

Die Mittelwerte der LF 1 und LF 24 Werte lagen bis auf den Mittelwert LF 1 Schlachthofgruppe links im Normbereich. Dieser hohe Mittelwert von 7,22 [mS/cm] läßt auf eine mittelgradige Fleischqualität schließen, steht aber in Verbindung mit der relativ hohen Standardabweichung, so daß erst die Einzelwertauswertung Rückschlüsse auf die Häufigkeit von PSE-Eigenschaften zuläßt.

Die Häufigkeit solcher Werte (in %) wird nachfolgend tabellarisch wiedergegeben.

Tabelle 35: Häufigkeit von PSE Werten bei LF 1, M.l.d.*

Versuchstiere Schw.-hälfte		Schlachthof Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 16	links n = 16	rechts n = 100	links n = 100	rechts n = 3	links n = 3
---	---	33	40	---	---

Tabelle 36: Häufigkeit von PSE Werten bei LF 24, M.l.d.*

Versuchstiere Schw.-hälfte		Schlachthof Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 16	links n = 16	rechts n = 100	links n = 100	rechts n = 3	links n = 3
---	---	---	2	---	---

* Erläuterungen zu den Tabellen 35-36:

LF 1 M.l.d. (gemessen 45-60 min post mortem im Musculus longissimus dorsi > 7,0)

LF 24 M.l.d. (gemessen 24 h post mortem im Musculus longissimus dorsi > 10,0)

weitere Erläuterungen s.S. 54

Mittels Leitfähigkeitsmessung sind PSE-Eigenschaften nach 45-60 min, aber auch nach 24 h zu erfassen.

In der Schlachthofgruppe betrug die PSE-Häufigkeit 45-60 min p.m. in der rechten Schlachtkörperhälfte 33 % und in der linken Schlachtkörperhälfte 40 %.

Dementsprechend wurden an den insgesamt untersuchten 238 Tierkörperhälften in der Auswertung 30,67 % als Hälften mit PSE-Eigenschaften erkannt.

Die Häufigkeit der PSE-Eigenschaften 24 h p.m. betrug 2 % der linken Schlachttierkörperhälften in der Fleischzentrale Crailsheim, das entspricht einer Gesamthäufigkeit bei 238 ausgewerteten Tierkörperhälften von 0,84 %.

4.3 ERGEBNISSE DER MESSUNG DES RIGOR MORTIS

Die Ergebnisse der Rigor mortis Messungen in der Schinkenmuskulatur sind nachfolgend in den Tabellen 37-41 und in den Diagrammen 13-14 zusammengefaßt wiedergegeben. Erläuterungen s.s. 54.

Tabelle 37: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier Rigor mortis 45-60 min, Schinken, Vergleich der Gruppen

Versuchstiere Schw.-hälfte		Schlachthof Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 16		rechts n = 100		rechts n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
5,94	1,29	10,60	1,97	1,67	1,15
links n = 16		links n = 100		links n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
6,06	1,29	10,68	2,19	1,00	0,00

Tabelle 38: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier Rigor mortis 45-60 min, Schinken, Halothanstatusvergleich

Versuchstiere Schw.-hälfte rechts				Versuchstiere Schw.-hälfte links			
halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 9		halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 9	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
6,43	0,79	5,55	1,51	6,71	0,75	5,55	1,42

Tabelle 39: Mittelwerte und Standardabweichungen der
Fleischqualitätsparameter, hier
Rigor mortis 24 h, Schinken,
Vergleich der Gruppen

Versuchstiere Schw.-hälfte		Schlachthof Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 16		rechts n = 100		rechts n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
12,31	1,78	16,00	0,00	---	---
links n = 16		links n = 100		links n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
12,69	1,85	16,00	0,00	---	---

Tabelle 40: Mittelwerte und Standardabweichungen der
Fleischqualitätsparameter, hier
Rigor mortis 24 h, Schinken,
Halothanstatusvergleich

Versuchstiere Schw.-hälfte rechts				Versuchstiere Schw.-hälfte links			
halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 9		halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 9	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
13,29	1,89	11,55	1,33	13,43	1,90	12,11	1,69

Graphische Darstellung der Tabellenwerte, Tab. 37-40.

Diagramm 13: Rigor mortis Werte, Schinkenmuskulatur,
Mittelwerte und Standardabweichungen,
Gruppenvergleich Versuchstiere/Schlachthof

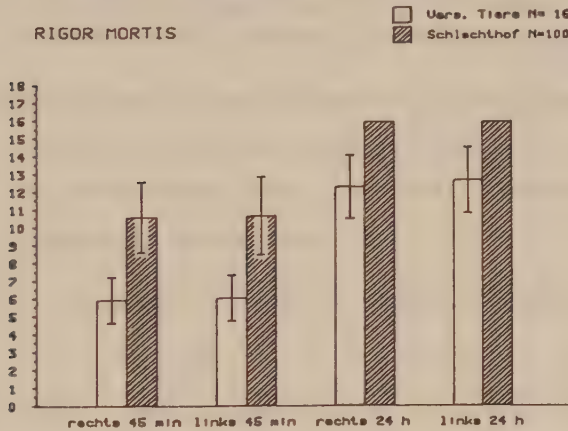
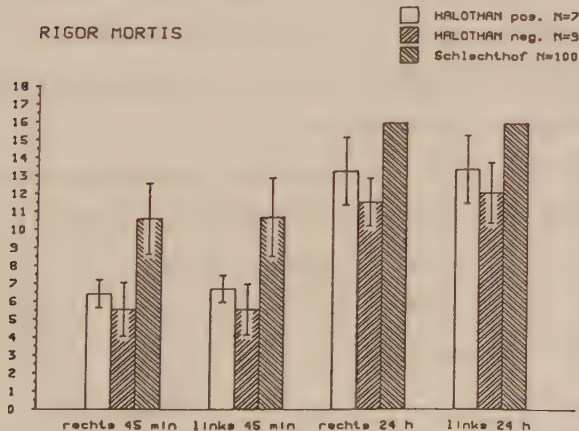


Diagramm 14: Rigor mortis Werte, Schinkenmuskulatur,
Mittelwerte und Standardabweichungen,
Gruppenvergleich halothan (+)/halothan (-)/
Schlachthof



AUSWERTUNG (Schinkenmuskulatur, Rigor mortis)

Die Mittelwerte der Gruppe der Versuchstiere und der Tiere in Mariensee lagen im Normbereich. Bei der Schlachthofgruppe wiesen die Mittelwerte auf Muskeln hin, die schon 45-60 min post mortem größtenteils im Rigor gewesen sind.

Da aber Mängel insbesondere bei umfangreichen Gruppen nur bei Erfassung der Einzelwerte zu aussagekräftigen Ergebnissen führen, wird nachfolgend die Häufigkeit solcher Werte (in %) tabellarisch wiedergegeben.

Tabelle 41: Häufigkeit von Schinkenmuskulatur, die 45-60 min p.m. völlig im Rigor ist*

Versuchstiere		Schlachthof		Mariensee	
Schw.-hälfte		Schw.-hälfte		Schw.-hälfte	
rechts	links	rechts	links	rechts	links
n = 16	n = 16	n = 100	n = 100	n = 3	n = 3
---	---	64	62	---	---

Die Schlachthofgruppe zeigt einen hohen Anteil an Muskulatur, rechte Schlachtkörperhälfte 64 % und linke Schlachtkörperhälfte 62 %, die bereits 45-60 min p.m. vollständig im Rigor ist.

Dementsprechend wurden an den insgesamt untersuchten 238 Tierkörperhälften in der Auswertung 52,94 % als schon im Rigor befindliche Muskulatur erkannt.

Die 24 h Werte des Rigor mortis lagen immer im Erwartungsbereich.

 * Erläuterungen zu Tabelle 41:
 Rigor mortis (gemessen 45-60 min post mortem > 10)
 weitere Erläuterungen s.S. 54

4.4 ERGEBNISSE DER FARBHELLIGKEITSMESSUNG (Göfo)

4.4.1 IM MUSCULUS SEMIMEMBRANOSUS

Die Ergebnisse der Farbhelligkeitsmessung im Musculus semimembranosus sind nachfolgend in den Tabellen 42-46 und in den Diagrammen 15-16 zusammengefaßt wiedergegeben.

Tabelle 42: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier Göfo 1 Musculus semimembranosus, Vergleich der Gruppen

Versuchstiere Schw.-hälfte		Schlachthof Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 16		rechts n = 100		rechts n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
74,50	8,66	68,97	6,40	82,33	8,62
links n = 16		links n = 100		links n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
75,5	7,89	70,83	6,33	84,00	3,61

Tabelle 43: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier Göfo 1 Musculus semimembranosus, Halothanstatusvergleich

Versuchstiere Schw.-hälfte rechts				Versuchstiere Schw.-hälfte links			
halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 9		halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 9	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
73,57	10,55	75,22	7,48	73,86	10,32	76,78	5,72

Tabelle 44: Mittelwerte und Standardabweichungen der
Fleischqualitätsparameter, hier Göfo 24
Musculus semimembranosus,
Vergleich der Gruppen

Versuchstiere Schw.-hälfte		Schlachthof Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 16		rechts n = 82		rechts n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
64,63	5,73	67,59	5,90	71,67	6,66
links n = 16		links n = 83		links n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
64,44	4,87	66,90	5,13	72,67	5,51

Tabelle 45: Mittelwerte und Standardabweichungen der
Fleischqualitätsparameter, hier Göfo 24
Musculus semimembranosus,
Halothanstatusvergleich

Versuchstiere Schw.-hälfte rechts		Versuchstiere Schw.-hälfte links	
halothan (+) n = 7	halothan (-) n = 9	halothan (+) n = 7	halothan (-) n = 9
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
67,14	5,15	62,67	5,63
		66,00	5,16
		63,22	4,55

Graphische Darstellung der Tabellenwerte, Tab. 42-45.

Diagramm 15: Göfo Werte Musculus semimembranosus,
Mittelwerte und Standardabweichungen,
Gruppenvergleich Versuchstiere/Schlachthof

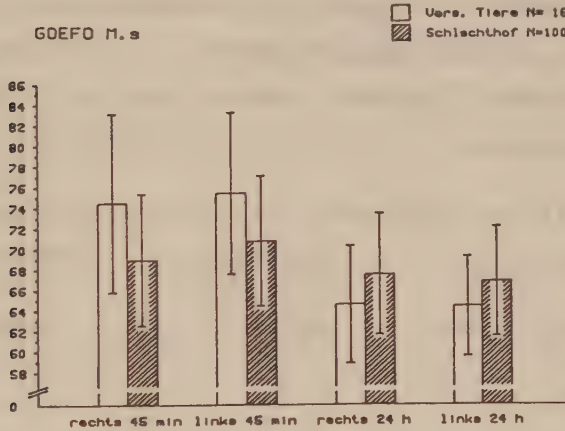
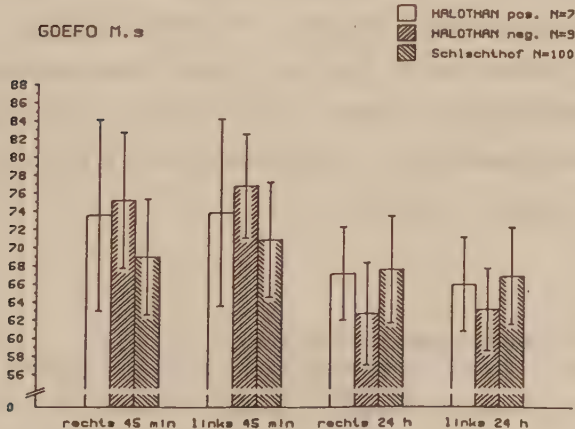


Diagramm 16: Göfo Werte Musculus semimembranosus,
Mittelwerte und Standardabweichungen,
Gruppenvergleich halothan (+)/halothan (-)/
Schlachthof



AUSWERTUNG (M.s., Göfo)

Die Mittelwerte der Göfo 1 und Göfo 24 Werte aller Gruppen lagen im Normbereich. Da aber Mängel, die auf PSE- oder DFD-Eigenschaften hinweisen, insbesondere bei umfangreichen Gruppen nur als Einzelwerte zu aussagekräftigen Ergebnissen führen, wird nachfolgend die Häufigkeit solcher Werte (in %) tabellarisch wiedergegeben.

Tabelle 46: Häufigkeit von PSE Werten bei Göfo 1, M.s.*

Versuchstiere		Schlachthof		Mariensee	
Schw.-hälfte		Schw.-hälfte		Schw.-hälfte	
rechts	links	rechts	links	rechts	links
n = 16	n = 16	n = 100	n = 100		
6,25	6,25	6	4	---	---

In der Gruppe der Versuchstiere traten in der rechten und in der linken Schlachtkörperhälfte je 6,25 % PSE-Eigenschaften auf.

Die in der Fleischzentrale Crailsheim untersuchten Schweinehälften zeigten eine PSE-Häufigkeit von 6 % an den rechten und 4 % an den linken Tierkörperhälften.

Dementsprechend wurden an den insgesamt untersuchten 238 Tierkörperhälften in der Auswertung 5 % als Hälften mit PSE-Eigenschaften erkannt.

* Erläuterungen zu Tabelle 46:

Göfo 1 M.s. (gemessen 45-60 min post mortem am Musculus semimembranosus)

weitere Erläuterungen s.S. 54

Nach 24 h konnten keine PSE-Eigenschaften bei einem Grenzwert von < 50 Skaleneinheiten festgestellt werden. DFD-Eigenschaften konnten bei einem Skalengrenzwert von > 80 bei Göfo 45 min in der Schlachthofgruppe rechts bei 1 % und links bei 5 % der Hälften festgestellt werden. In Mariensee zeigten 5 von 6 Hälften DFD Eigenschaften. In der Gesamtheit der 238 ausgewerteten Tierkörperhälften ergibt das einen Prozentsatz von 4,6 %.

4.4.2 IM MUSCULUS LONGISSIMUS DORSI

Die Ergebnisse der Farbhelligkeitsmessungen im Musculus longissimus dorsi sind nachfolgend in den Tabellen 47-48 und im Diagramm 17 zusammengefaßt wiedergegeben.

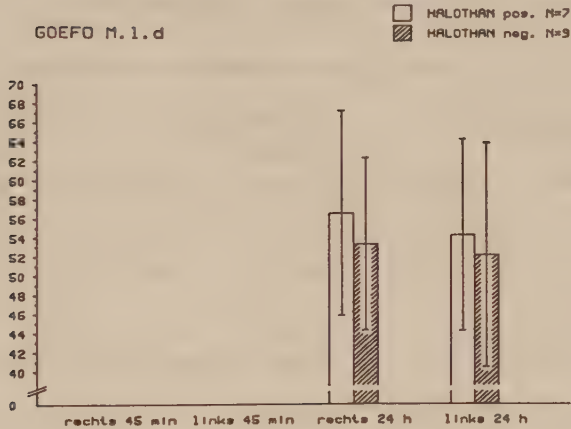
Erläuterungen s.S. 54.

Tabelle 47: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier Göfo 24 Musculus longissimus dorsi, Vergleich der Gruppen

halothan (+) Schw.-hälfte		halothan (-) Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 7		rechts n = 9		rechts n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
56,57	10,71	53,33	9,01	68,33	5,77
links n = 7		links n = 9		links n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
54,29	10,03	52,22	11,71	68,00	5,00

Graphische Darstellung der Tabellenwerte, Tab. 47

Diagramm 17: Göfo Werte Musculus longissimus dorsi,
Mittelwerte und Standardabweichungen,
Gruppenvergleich halothan (+)/ halothan (-)



Erläuterungen:

Göfo M.l.d. (gemessen an der frischen Anschnittfläche
des Musculus longissimus dorsi in Höhe
der 13/14 Rippe)

weitere Erläuterungen s.S. 54

AUSWERTUNG (M.l.d., Göfo)

Die Mittelwerte der Göfo 24 Werte aller Gruppen lagen im Normbereich. Da aber Mängel, die auf PSE- oder DFD-Eigenschaften hinweisen, insbesondere bei umfangreichen Gruppen nur als Einzelwerte zu aussagekräftigen Ergebnissen führen, wird nachfolgend die Häufigkeit solcher Werte tabellarisch wiedergegeben.

Tabelle 48: Häufigkeit von PSE Werten bei Göfo 24, M.l.d.*

halothan (+)		halothan (-)		Mariensee	
Schw.-hälfte		Schw.-hälfte		Schw.-hälfte	
rechts	links	rechts	links	rechts	links
n = 7	n = 7	n = 9	n = 9	n = 3	n = 3
14,3	14,3	44,5	44,5	---	---

In der halothan (+) Gruppe betrug die PSE-Häufigkeit bei der Farbhelligkeitsmessung 24 h post mortem in der linken und rechten Tierkörperhälfte je 14,3 %. In der halothan (-) Gruppe betrug die PSE-Häufigkeit in der rechten und linken Tierkörperhälfte jedoch 44,5 %.

Dementsprechend wurden an den insgesamt untersuchten 38 Tierkörperhälften in der Auswertung 26,3 % als Hälften mit PSE-Eigenschaften erkannt.

DFD-Eigenschaften konnten nicht festgestellt werden.

* Erläuterungen zu Tabelle 48:

Göfo 24 M.l.d. (gemessen 24 h post mortem an der
frischen Anschnittfläche des
Koteletts in Höhe der 13/14 Rippe)
weitere Erläuterungen s.S. 54

4.5 ERGEBNISSE DER R-WERT MESSUNG

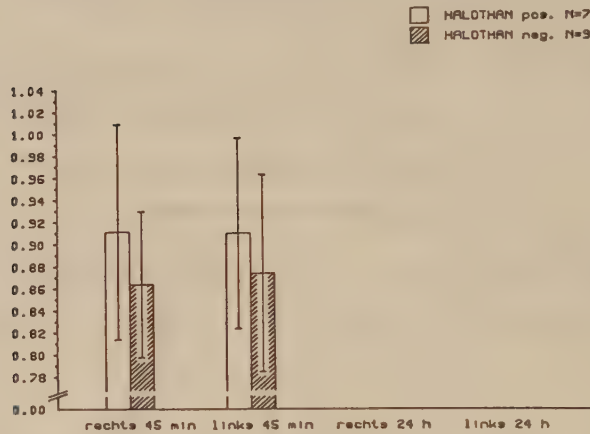
Die Ergebnisse der R-Wert Messungen im Musculus semimembranosus sind nachfolgend in den Tabellen 49-50 und im Diagramm 18 zusammengefaßt wiedergegeben.

Tabelle 49: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier R-Wert 1 Musculus semimembranosus, Halothanstatusvergleich

Versuchstiere Schw.-hälfte rechts				Versuchstiere Schw.-hälfte links			
halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 8		halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 8	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
0,91	0,09	0,86	0,07	0,91	0,09	0,87	0,09

Graphische Darstellung der Tabellenwerte, Tab. 49.

Diagramm 18: R-Werte *Musculus semimembranosus*,
Mittelwerte und Standardabweichungen,
Gruppenvergleich halothan (+)/ halothan (-)



Erläuterungen s.S. 54

AUSWERTUNG (M.S., R-Wert)

Die Mittelwerte der R-Werte aller Gruppen lagen im Normbereich. Da aber Mängel, die auf PSE- oder DFD-Eigenschaften hinweisen, insbesondere bei umfangreichen Gruppen nur als Einzelwerte zu aussagekräftigen Ergebnissen führen, wird nachfolgend die Häufigkeit solcher Werte (in %) tabellarisch wiedergegeben.

Tabelle 50: Häufigkeit von PSE oder DFD Werten beim R-Wert 1*

Versuchstiere Schw.-hälfte rechts		Versuchstiere Schw.-hälfte links	
halothan (+) n = 7	halothan (-) n = 8	halothan (+) n = 7	halothan (-) n = 8
14,3	---	14,3	12,5

Da die Messungen nur in der Gruppe der Versuchstiere möglich waren, ergab sich folgende Verteilung: je 14,3 % der halothan (+) rechten und linken Schlachtkörperhälften zeigten PSE- oder DFD-Eigenschaften. Bei den halothan (-) Tieren zeigten lediglich 12,5 % der linken Schlachtkörperhälften PSE-Eigenschaften.

Dementsprechend wurden an den insgesamt untersuchten 30 Tierkörperhälften in der Auswertung 10 % als Hälften mit PSE- oder DFD-Eigenschaften erkannt.

 * Erläuterungen zu Tabelle 50:
 R-Wert 1 (gemessen 45-60 min post mortem im Musculus semimembranosus > 1,05)
 weitere Erläuterungen s.S. 54

4.6 ERGEBNISSE DER MESSUNGEN DES SAFTHALTERVERMÖGENS

4.6.1 IM MUSCULUS SEMIMEMBRANOSUS

Die Ergebnisse der Messungen des Safthaltervermögens im Musculus semimembranosus sind nachfolgend in den Tabellen 51-54 und in den Diagrammen 19-20 zusammengefaßt wiedergegeben.

Tabelle 51: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier Safthaltervermögen 1 Musculus semimembranosus, Vergleich halothan (+)/ halothan (-)/ Mariensee

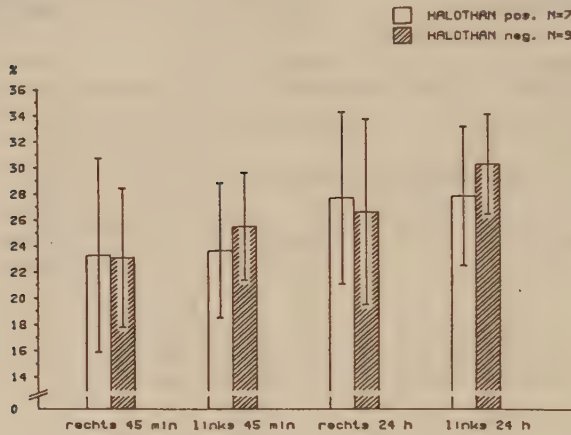
Versuchstiere halothan (+) Schw.-hälfte		Versuchstiere halothan (-) Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 7		rechts n = 9		rechts n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
23,32	7,41	23,11	5,31	19,90	13,83
links n = 7		links n = 9		links n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
23,66	5,14	25,50	4,09	22,87	6,26

Tabelle 52: Mittelwerte und Standardabweichungen der
Fleischqualitätsparameter, hier Safthalte-
vermögen 24 Musculus semimembranosus,
Vergleich halothan (+)/ halothan (-)/
Mariensee

Versuchstiere halothan (+) Schw.-hälfte		Versuchstiere halothan (-) Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 7		rechts n = 9		rechts n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
27,62	6,54	26,56	7,06	21,16	1,63
links n = 7		links n = 9		links n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
27,75	5,28	30,17	3,80	23,48	3,85

Graphische Darstellung der Tabellenwerte, Tab. 51-52.

Diagramm 19: Safthaltevermögen *Musculus semimembranosus*,
Mittelwerte und Standardabweichungen,
Gruppenvergleich halothan (+)/ halothan (-)



Erläuterungen s.S. 54

AUSWERTUNG (M.s., Safthaltevermögen)

Die Mittelwerte der Messungen des Safthaltevermögens 1 und 24 lagen - ausgenommen eines Wertes - im Normbereich. Dieser Wert, der Mittelwert der halothan (-) Gruppe Schw.-hälfte links, Safthaltevermögen 24 h, liegt knapp über dem Grenzwert von > 30.

Da Mängel, die auf PSE- oder DFD-Eigenschaften hinweisen, insbesondere bei umfangreichen Gruppen nur als Einzelwerte zu aussagekräftigen Ergebnissen führen, wird nachfolgend die Häufigkeit solcher Werte (in %) tabellarisch wiedergegeben.

Tabelle 53: Häufigkeit von PSE Werten bei Safthaltevermögen 1, M.s.*

Versuchstiere halothan (+) Schw.-hälfte		Versuchstiere halothan (-) Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 7	links n = 7	rechts n = 9	links n = 9	rechts n = 3	links n = 3
14,3	14,3	11,1	11,1	---	---

Tabelle 54: Häufigkeit von PSE Werten bei Safthaltevermögen 24, M.s.*

Versuchstiere halothan (+) Schw.-hälfte		Versuchstiere halothan (-) Schw.-hälfte		Mariensee	
rechts n = 7	links n = 7	rechts n = 9	links n = 9	rechts n = 3	links n = 3
42,8	11,1	44,4	66,7	---	33,3

* Erläuterungen zu den Tabellen 53-54:

Safthalteverm. 1 M.s. (gemessen 45-60 min post mortem im
Musculus semimembranosus;
PSE > 30; DFD < 15)

Safthalteverm. 24 M.s. (gemessen 24 h post mortem im
Musculus semimembranosus;
PSE > 30; DFD < 15)

weitere Erläuterungen s.S. 54

Bei den Messungen 45-60 min post mortem betrug die PSE-Häufigkeit in der halothan (+) Gruppe rechte und linke Schweinehälfte je 14,3 % und in der halothan (-) Gruppe rechte und linke Schweinehälfte je 11,1 %. In Mariensee wurden keine PSE-Eigenschaften festgestellt.

Dementsprechend wurden an den insgesamt untersuchten 38 Tierkörperhälften in der Auswertung 2,6 % als Hälften mit PSE-Eigenschaften erkannt.

24 h post mortem lag der Anteil höher. Bei der halothan (+) Gruppe zeigten 42,8 % der rechten Schweinehälften und 11,1 % der linken Schweinehälften PSE-Eigenschaften. In der halothan (-) Gruppe betrug die PSE-Häufigkeit an rechten Schweinehälften 44,4 % und an linken Schweinehälften 66,7 %.

Dementsprechend wurden an den insgesamt untersuchten 38 Tierkörperhälften in der Auswertung 39,5 % als Hälften mit PSE-Eigenschaften erkannt.

DPD-Eigenschaften konnten lediglich bei 1 Hälfte der halothan (+) Gruppe an der rechten Schweinehälfte festgestellt werden. Das entspricht einer Gesamthäufigkeit von 2,6 %.

4.6.2 IM MUSCULUS LONGISSIMUS DORSI

Die Ergebnisse der Messungen des Safthaltevermögens im Musculus longissimus dorsi sind nachfolgend in den Tabellen 55-56 und im Diagramm 20 zusammengefaßt wiedergegeben.

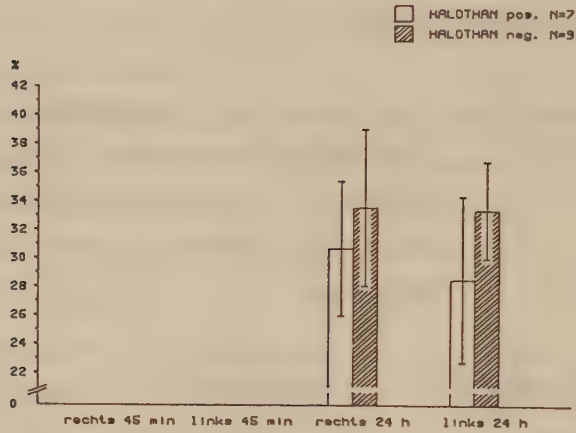
Erläuterungen s.S. 54.

Tabelle 55: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier Safthaltevermögen 24 Musculus longissimus dorsi, Vergleich halothan (+)/ halothan (-)/ Mariensee

Versuchstiere halothan (+) Schw.-hälfte		Versuchstiere halothan (-) Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 6		rechts n = 7		rechts n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
30,65	4,68	33,50	5,44	20,86	0,96
links n = 6		links n = 7		links n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
28,49	5,75	33,31	3,36	19,16	1,67

Graphische Darstellung der Tabellenwerte, Tab. 55.

Diagramm 20: Safthaltevermögen *Musculus longissimus*
dorsi, Mittelwerte und Standardabweichungen,
Gruppenvergleich halothan (+)/ halothan (-)



Erläuterungen s.S. 54

AUSWERTUNG (M.l.d., Safthaltevermögen)

Die nach 24 Stunden gemessenen Mittelwerte des Safthaltevermögens aller Gruppen lagen über dem Normbereich. Da aber Mängel, die auf PSE-Eigenschaften hinweisen, insbesondere bei umfangreichen Gruppen nur als Einzelwerte zu aussagekräftigen Ergebnissen führen, wird nachfolgend die Häufigkeit solcher Werte (in %) tabellarisch wiedergegeben.

Tabelle 56: Häufigkeit von PSE Werten bei Safthaltevermögen 24, M.l.d.*

halothan (+) Schw.-hälfte		halothan (-) Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 6	links n = 6	rechts n = 7	links n = 7	rechts n = 3	links n = 3
50,0	33,3	57,1	71,4	---	---

Der Anteil der Hälften mit PSE-Eigenschaften war hoch. In der Gruppe der halothan (+) Tiere betrug er bei den rechten Tierkörperhälften 50 % und bei den linken Hälften 33,3 %. In der Gruppe der halothan (-) Tiere wurden bei den rechten Hälften 57,1 % und bei den linken Hälften 71,4 % als Hälften mit PSE-Eigenschaften erkannt. In der Gesamtheit der ausgewerteten 32 Tierkörperhälften entspricht das 43,8 %.

* Erläuterungen zu Tabelle 56:
Safthalteverm. 24 M.l.d. (gemessen 24 h post mortem im M.
longissimus dorsi > 30)
weitere Erläuterungen s.S. 54

4.7 ERGEBNISSE DER KOCHVERLUSTMESSUNG

Die Ergebnisse der Kochverlustmessungen im *Musculus longissimus dorsi* sind nachfolgend in Tabelle 57 und im Diagramm 21 zusammengefaßt wiedergegeben.

Erläuterungen s.S. 54.

Tabelle 57: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier Kochverlust in % *Musculus longissimus dorsi*, Halothanstatusvergleich

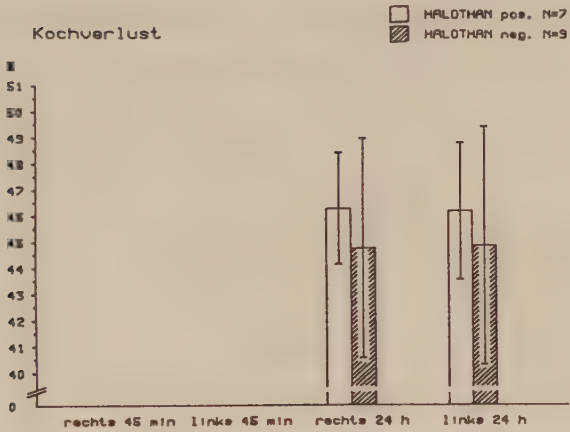
Versuchstiere Schw.-hälfte rechts				Versuchstiere Schw.-hälfte links			
halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 9		halothan (+) n = 7		halothan (-) n = 9	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
46,29	2,13	44,77	4,20	46,19	2,62	44,88	4,55

AUSWERTUNG (M.l.d., Kochverlust)

Die Mittelwerte der Kochverlustmessungen aller Gruppen lagen deutlich über dem Normbereich. Auch die Einzelwerte liegen bis auf die Werte eines halothan (-) Tieres deutlich über den für mittelgradige oder gute Fleischqualität angegebenen Werten (s. 2.2.4).

Graphische Darstellung der Tabellenwerte, Tab. 57.

Diagramm 21: Kochverlust Musculus longissimus dorsi,
Mittelwerte und Standardabweichungen,
Vergleich halothan (+)/ halothan (-)



Erläuterungen s.S. 54

4.8 ERGEBNISSE DER DRIPVERLUSTMESSUNG

Die Ergebnisse der Dripverlustmessungen im Musculus longissimus dorsi sind nachfolgend in den Tabellen 58-60 und im Diagramm 22 zusammengefaßt wiedergegeben.

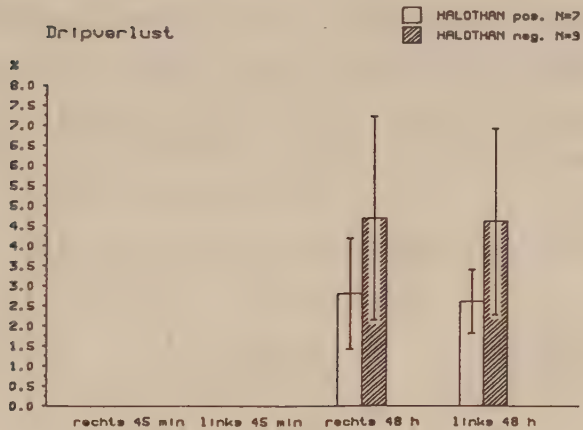
Erläuterungen s.S. 54.

Tabelle 58: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischqualitätsparameter, hier Dripverlust 48 Musculus longissimus dorsi, Vergleich halothan (+)/ halothan (-)/ Mariensee

Versuchstiere halothan (+) Schw.-hälfte		Versuchstiere halothan (-) Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 7		rechts n = 8		rechts n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
2,81	1,39	4,69	2,55	0,48	0,13
links n = 7		links n = 8		links n = 3	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
2,61	0,79	4,62	2,34	0,62	0,22

Graphische Darstellung der Tabellenwerte, Tab.58.

Diagramm 22: Dripverlust Musculus longissimus dorsi,
Mittelwerte und Standardabweichungen,
Vergleich halothan (+)/ halothan (-)



Erläuterungen s.S. 54

AUSWERTUNG (M.l.d., Dripverlust)

Die nach 48 Stunden gemessenen Mittelwerte der Dripverlustmessungen der Gruppe der Versuchstiere lagen im Normbereich. Die Mittelwerte der Gruppe aus Mariensee liegen ausnahmslos im DFD Bereich. Da Mängel, die auf PSE- oder DFD-Eigenschaften hinweisen, insbesondere bei umfangreichen Gruppen nur als Einzelwerte zu aussagekräftigen Ergebnissen führen, wird nachfolgend die Häufigkeit solcher Werte (in %) tabellarisch wiedergegeben.

Tabelle 59: Häufigkeit von PSE Werten beim
Dripverlust 48*

Versuchstiere halothan (+) Schw.-hälfte		Versuchstiere halothan (-) Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 7	links n = 7	rechts n = 8	links n = 8	rechts n = 3	links n = 3
14,3	---	62,5	50	---	---

Tabelle 60: Häufigkeit von DFD Werten beim
Dripverlust 48*

Versuchstiere halothan (+) Schw.-hälfte		Versuchstiere halothan (-) Schw.-hälfte		Mariensee Schw.-hälfte	
rechts n = 7	links n = 7	rechts n = 8	links n = 8	rechts n = 3	links n = 3
---	---	12,5	12,5	100	100

* Erläuterungen zu den Tabellen 59 und 60:
Dripverl. 48 (gemessen 48 h post mortem;
PSE > 5,0; DFD < 1,0)
weitere Erläuterungen s.S. 54

Die Dripverlustmessungen ergaben, daß PSE-Eigenschaften in 14,3 % der rechten Schlachtkörperhälften der halothan (+) Gruppe auftraten. In der halothan (-) Gruppe betrug die PSE-Häufigkeit bei den rechten Hälften 62,5 % und bei den linken Hälften 50 %. PSE-Eigenschaften traten in der Tiergruppe in Mariensee nicht auf.

DFD-Eigenschaften konnten in der halothan (+) Gruppe nicht festgestellt werden. Bei den halothan (-) Tieren waren in 12,5 % der rechten und linken Hälften DFD-Eigenschaften zu ermitteln. Die Tiere in Mariensee zeigten zu 100 % DFD-Eigenschaften.

4.9 AUFTRETEN VON MUSKELBLUTUNGEN UND KNOCHENBRÜCHEN

Beim Zerlegen der Schlachtkörper der Versuchstiere und der Tiere in Mariensee in würfelförmige Teilstücke mit einer Kantenlänge von ca. 1 cm und bei der intensiven Musterung der Schlachtkörperhälften in der Fleischzentrale Crailsheim wurden weder Muskelblutungen bzw. Muskelblutpunkte noch Knochenbrüche ermittelt.

5 DISKUSSION

Die gegenüber der elektrischen Betäubung hervorgehobene bessere Fleischqualität der Schlachttierkörper CO_2 -betäubter Schweine (TERKHORN, 1985 u. 1987) war insbesondere im Norden der Bundesrepublik Deutschland Anlaß einer stark beachteten Wiedereinführung dieser von Vertretern des Tierschutzes (MICKWITZ, 1982) abgelehnten Betäubungsmethode. Dabei beinhalten solche - insbesondere von uneingeschränkten Befürwortern der CO_2 -Betäubung vorgebrachten - Aussagen der besseren Fleischqualität vorrangig die nach einer derartigen Betäubung ausbleibenden petechialen Blutungen und Hämorrhagien in die wertbestimmenden Körperpartien wie Kotelett und Schinkenmuskulatur sowie Frakturen im Bereich der Wirbelsäule und der Extremitäten. Substantielle Mängel im Fleisch werden dabei häufig nicht ausreichend gewürdigt. Ein aus der Sicht des Tierschutzes wie der Fleischgewinnung und -verarbeitung gleichermaßen optimales Betäubungsverfahren sollte jedoch allen Anforderungen genügen. Diesen Anspruch erfüllt gegenwärtig weder die elektrische noch die CO_2 -Betäubung.

Gegen die vorliegenden Untersuchungen könnte eingewendet werden, daß die Zahl der verfügbaren Schweine zu gering und nicht zuletzt deshalb die im Rahmen der Auswertung ermittelten Standardabweichungen zum Teil zu groß und darüber hinaus die Untersuchungsmöglichkeiten bei dem größten Teil der Tiere stark eingeschränkt gewesen wären.

Dem kann entgegengehalten werden, daß eine Zerlegung in kleinwürfelgroße Teilstücke nur bei käuflich erworbenen Schweinehälften in Betracht kommt und daß es kaum zu verantworten gewesen wäre, die im Rahmen des o.a. CO₂-Forschungsprojektes ohnehin anfallenden Schweine, nach Abschluß dieser Versuche, vor ihrer unschädlichen Beseitigung i.S. § 3 (1, 2) TierKBG vom 02.09.75 (BGBl. I, S. 2313, 2610), nicht auch auf ihre Fleischqualität zu untersuchen. Immerhin konnten auf diese Art und Weise noch 38 i.S. der fleischhygienerechtlichen Vorschriften voll genußtaugliche Schweinehälften in die Auswertung einbezogen werden. Zur Absicherung dieser Befunde wurden außerdem die Hälften von weiteren 100 Schweinen, die gewerblich geschlachtet worden waren, in die Auswertung einbezogen. Darüber hinaus ist anzumerken, daß im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen größere Standardabweichungen - möglicherweise aufgrund der unterschiedlichen genetischen Herkunft - wenn überhaupt (z.B. Leitfähigkeit), anders als in der kleinen Gruppe der Schlachtschweine aus Mariensee, vor allem in der Gruppe der gewerblichen Schlachtungen (n = 100) und zum Teil auch in der Gruppe der Versuchstiere (n = 16) auftraten. Die Durchschnittswerte der ermittelten Fleischqualitätsparameter stimmen in der Tendenz mit den Angaben der Literatur überein, die unmittelbar nach der Schlachtung CO₂-betäubter Schweine einen stärker beschleunigten pH-Abfall als nach der elektrischen Betäubung ausweisen (LEEST et al., 1970; SYBESMA a. GROEN, 1970; OVERSTREET

et al., 1975; SCHEPER, 1977; VAN DER WAL, 1978; MARTIN et al., 1981).

Übereinstimmend mit SCHEPER (1977) ist auch festzustellen, daß diese schnellere pH-Absenkung im Musculus semimembranosus (Schinken), mit in der Regel höherem pH-Niveau, stärker ausgeprägt ist als im Musculus longissimus dorsi (Kotelett). Die festgestellten pH-Werte an drei verschiedenen Meßstellen im Musculus longissimus dorsi sind einheitlich und nur geringgradig niedriger (0,01 - 0,15 pH-Einheiten) als pH-Werte im Musculus longissimus dorsi nach elektrischer Betäubung. Allerdings sind die Ergebnisse der anschliessenden Aufschlüsselung der pH-Werte in verschiedene pH-Bereiche unterschiedlich. Während SCHEPER (1977) durch pH-Messungen nach CO₂-Betäubung im Musculus semimembranosus einen PSE-Anteil von über 30 % ermittelt, ist der PSE-Anteil des Musculus semimembranosus, festgestellt nach den eigenen pH-Messungen, deutlich geringer. Er liegt lediglich zwischen 5 und 10 % und ist damit dem PSE-Anteil von elektrisch betäubten Tieren vergleichbar (SCHEPER, 1977). Die Ergebnisse von KLOVBORG LARSEN (1983), der den PSE-Anteil nach CO₂-Betäubung geschlachteter Schweine mit nur 4 % angibt, liegen damit noch deutlich unter den eigenen Meßresultaten. Einschränkung ist aber anzumerken, daß KLOVBORG LARSEN nicht den pH-Wert zu Grunde legt, sondern ein optisches Verfahren, das in Dänemark zur Ermittlung substantieller Mängel im Fleisch (PSE) eingesetzt wird. Werden zur Ermittlung von PSE-Fleisch auch die Leitfähig-

keitswerte oder das Safthaltevermögen - beides eng miteinander verknüpfte Parameter - einbezogen, so sind die von SCHEPER (1977) ermittelten PSE-Anteile von über 30 % zu bestätigen. Nach den vorliegenden Ergebnissen beträgt der durch Leitfähigkeitsmessungen ermittelte PSE-Anteil ca. 31 % und durch Ermittlung des Safthaltevermögens ca. 44 %. Der relativ hohe, durch das Safthaltevermögen ermittelte PSE-Anteil könnte auch auf die vergleichsweise kleine Gruppe von lediglich 19 Tierkörpern, die für diese Messungen zur Verfügung standen, zurückzuführen sein. Darüber hinaus ist anzumerken, daß zumindestens bei den eigenen Messungen ein - wenn auch relativ kleiner - Anteil an PSE Tieren, zwar durch Leitfähigkeitsmessungen, nicht aber z.B. durch pH-Messungen ermittelt werden konnte.

In Untersuchungen von KORTMANN u. RING (1987) ist im Rahmen von pH-Messungen elektrisch betäubter Schweine eine PSE-Häufigkeit bei Einsatz eines Restrainers von 13 % und nach Zangenbetäubung von 33,8 % festgestellt worden. Daraus ergibt sich hinsichtlich des PSE-Anfalles insgesamt weitgehende Übereinstimmung nach traditioneller elektrischer Betäubung (Zangen -) und der Betäubung mittels CO₂.

Übereinstimmend mit VAN DER WAL (1978) ergeben die Rigor mortis Messungen hohe Werte. Dabei liegen sowohl die Versuchstiere als auch die Tiere am Schlachtband im Bereich des beginnenden Rigor mortis, und das schon 45-60 min post mortem. Einschränkung ist aber zumindestens für

die Versuchstiere anzumerken, daß die ermittelten Rigor mortis-Werte mit durchschnittlich ca. 6 Skaleneinheiten noch nahe dem Grenzwert zu gänzlich entspannter Muskulatur liegen. Anders die große Zahl der gewerblich geschlachteten Tiere, die am Band untersucht wurden. Hier liegt der durchschnittlich ermittelte Rigor mortis-Wert mit ca. 11 bereits knapp über der Grenze (10) zu den für einen vollständigen Rigor mortis charakteristischen Werten. Dabei ist der Anteil der Muskulatur, der nach den angegebenen Grenzwerten schon völlig im Rigor ist, mit über 50 % extrem hoch. SYBESMA (1966) gibt zwar eine Abhängigkeit zwischen schnellerer Absenkung des pH-Wertes nach der Schlachtung und früherem Einsetzen des Rigor mortis an, doch ist bei den eigenen Untersuchungen der pH-Unterschied zur elektrischen Betäubung nicht so groß, um den hohen Prozentsatz der völlig im Rigor befindlichen Schinkenmuskulatur zu erklären. Einschränkung für die Messungen des Rigor mortis wäre auch anzumerken, daß ihre Durchführung im Vergleich zu den übrigen Fleischqualitätsbestimmungen subjektiven Einflüssen größeren Raum läßt.

Im Rahmen der eigenen Untersuchungen wurden bei der Ermittlung der Farbhelligkeit des Fleisches durchschnittlich Göfo-Werte von ca. 76 Skaleneinheiten gemessen. Demgegenüber kommt SCHEPER (1977) in einer vergleichenden Fleischqualitätsstudie bei CO₂-betäubten Schweinen im Musculus semimembranosus zu einem mittleren Göfo-Wert von lediglich ca. 68 Skaleneinheiten. Dabei

fällt die ungewöhnlich große Streubreite (16,4) der Werte auf. Die Streuung der in den eigenen Untersuchungen im *M. semimembranosus* gemessenen Göfo-Werte kann mit maximal 8,6 als relativ gering eingestuft werden. Darüber hinaus kann auch die Verteilung der von SCHEPER ermittelten Göfo-Werte nicht bestätigt werden. Während nach SCHEPER 23,6 % der Schweine im Rahmen der Göfo Messungen 45-60 min post mortem einen Grenzwert von < 60 Skaleneinheiten aufwiesen, waren in den vorliegenden Untersuchungen lediglich 6 % der Schlachttierkörper unter dem Grenzwert zur PSE-Fleischigkeit einzuordnen. Die Mittelwerte der Göfo Messungen bei elektrischer Betäubung, die BLENDL u. PUFF (1979) angeben, liegen mit 78 Einheiten über den Werten von CO₂-betäubten Schweinen, für die von SCHEPER und im Rahmen der vorliegenden Arbeit Göfo-Werte ermittelt wurden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Ergebnisse der Messungen von BLENDL u. PUFF 1979 publiziert wurden, daß aber die Göfo-Werte von 1971 bis 1978 bei Prüfschweinen generell um 8 Punkte gefallen sein sollen (BLENDL u. PUFF, 1979). Danach bieten sich bei diesem Abwärtstrend 1987 gemessene Göfo-Werte nicht zwingend zum Vergleich mit den von SCHEPER 1977 und von BLENDL u. PUFF 1979 gemessenen Werten an. Unter Berücksichtigung der Zeitdifferenz der Messungen von fast 10 Jahren wird jedoch in der Tendenz eine Übereinstimmung der Werte erkennbar.

Der R-Wert gibt einen zuverlässigen Hinweis , ob das zu beurteilende Fleisch substantielle Mängel aufweist, er ermöglicht aber keine Differenzierung zwischen PSE- und DFD-Fleisch. Die in den eigenen Untersuchungen ermittelten R-Werte stimmen mit denen von HONIKEL u. FISCHER (1977) überein, die R-Wert-Bestimmungen an elektrisch betäubten Schweinen durchführten. Generell ist jedoch zur Ermittlung des R-Wertes ein relativ großer zeitlicher, apparativer und wirtschaftlicher Aufwand erforderlich, so daß dieses Verfahren weniger in der Schlachtbetriebspraxis als vielmehr bevorzugt in der Forschung zum Einsatz kommt. Dieser Sachverhalt trifft auch für die Bestimmung des Koch- und des Dripverlustes zu. SCHÖBERLEIN et al. (1973) verweisen im Zusammenhang mit den Grenzwerten für den Koch- und Dripverlust auf die Bedeutung des jeweils gleichen Alters und der jeweils gleichen Rassenzugehörigkeit. Daraus ergibt sich, vor allem im Hinblick auf das unterschiedliche Alter, für die Gruppe der Versuchstiere, deren Koch- wie auch Dripverluste über dem angegebenen Normbereich liegen, eine mögliche Erklärung. In gleicher Weise trifft dies für die relativ kleine Zahl der Werte der in Mariensee gemessenen Dripverluste zu. Dabei geben SCHÖBERLEIN et al. (1973) und SCHARNER et al. (1972) mit den Grenzwerten zwar Bezugswerte an, nicht aber Alter und Rassenzugehörigkeit der Schweine. Damit ist auch ein Vergleich mit den in Mariensee gewonnenen Dripverlust-Werten unange-

bracht, weil in den dort zur Messung kommenden Schweinen die in der Bundesrepublik Deutschland noch relativ seltene Rasse Duroc eingekreuzt worden war.

Die im Rahmen des CO₂-Forschungsprojektes gegebene Möglichkeit, die gesamte Schweinemuskulatur zu Untersuchungszwecken in Würfel mit einer mittleren Kantenlänge von 1 cm zu zerlegen, erlaubt die Feststellung, daß Blutungen in die Muskulatur und petechiale Blutungen auf den Muskeln (Muskelblutpunkte) bei den zur Untersuchung vorliegenden Tieren nicht auftraten. Wenn auch einschränkend anzumerken ist, daß die o.a. Zerlegung lediglich bei den Versuchstieren in München und Mariensee möglich war, wurden die Schlachttierkörper in Crailsheim an den Schnittstellen so intensiv auf Blutungen untersucht, daß die o.a. Aussage gerechtfertigt erscheint. Sie stimmt auch mit Ergebnissen von TADIĆ u. CIRIĆ (1962) überein, die im Rahmen pathologisch-anatomischer Studien weder in Muskeln noch in Organen CO₂-betäubter Schweine mehr oder weniger ausgedehnte Blutungen feststellen konnten.

Demgegenüber kommen LEEST et al. (1970) nach einschlägigen Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß in 21 % der Schultern CO₂-betäubter Schweine Blutungen auftraten, die so stark waren, daß ein Drittel dieser Schultern zur Weiterverarbeitung eingeschränkt brauchbar oder sogar unbrauchbar war. Diesem Resultat ist insofern zuzustimmen, als im Rahmen der konvulsiven Bewegungen im

Stadium der Exzitation CO_2 -betäubter Schweine durchaus traumatische Schulterverletzungen auftreten können. Dies um so mehr, als die Tiere noch häufig mit unzureichend hohen CO_2 -Konzentrationen betäubt wurden und dadurch der Eintritt der Betäubung verzögert wurde. In diesem Zusammenhang sind Ergebnisse von KLOVBORG LARSEN (1983) interessant. Er verglich die Auswirkungen der elektrischen und der CO_2 -Betäubung auf die Fleischqualität von Schweinen. Nach elektrischer Betäubung fand er, daß im Mittel zwischen 59-145 g Fleisch pro Schweine-schulter wegen Blutungen untauglich waren, im Vergleich dazu waren es nach der CO_2 -Betäubung durchschnittlich lediglich 8 g. Bei keinem der 185 CO_2 -betäubten Schweine wurden jedoch ausgedehnte Blutungen in der Schultermuskulatur gefunden. Zu einem ähnlichen Resultat kommt SYBESMA (1980). Er ermittelte die größte Häufigkeit von Muskelblutungen nach mechanischer Betäubung der Schweine und die geringste nach einer CO_2 -Betäubung.

Knochenbrüche, die laut SCHEPER (1977), SYBESMA (1980), KLOVBORG LARSEN (1983) und RING u. KORTMANN (1988) nach der elektrischen Betäubung zu beobachten sind, konnten bei den vorliegenden Untersuchungen in keinem Fall nachgewiesen werden. Weder die für die elektrische Betäubung typischen sternförmigen Schulterblattfrakturen, hervorgerufen durch die plötzlichen intensiven tonischen Muskelkontraktionen nach dem elektrischen Schock (SYBESMA, 1980; RING u. KORTMANN, 1988), noch Wirbelkörperfrakturen, die nach SCHEPER (1977) bei elektrisch

betäubten Schweinen in Schulterblatthöhe auftreten, waren nachweisbar.

RING u. KORTMANN (1988) ermittelten zwar eine deutliche Reduzierung der Knochenbrüche nach elektrischer Betäubung durch Einsatz eines Restrainers, die wirtschaftlichen Verluste sind aber selbst nach einer solchen Reduzierung noch beachtlich.

Insgesamt ist anzumerken, daß mit dem Einfluß der (CO_2 -) Betäubung nur ein - wenn auch wesentlicher - Sektor der Fleischgewinnung in seinen Auswirkungen auf die Fleischqualität untersucht wurde. Der gesamte Bereich der Fleischerzeugung und die Teilbereiche Schlachttransport und Behandlung der Tiere im Schlachtbetrieb wurden nicht in die Untersuchungen einbezogen. Ihr Einfluß ist dessenungeachtet beachtlich. Wenn aus den Literaturbeiträgen ersichtlich wird, vor welchen Problemen die Fleischverarbeiter gegenwärtig hinsichtlich der Qualität des ihnen angebotenen Schweinefleisches stehen, so ist dabei zu beachten, daß mit einer besseren Betäubungsmethode lediglich ein Glied in einer Kette von Fehlentwicklungen korrigiert werden kann. Die Mißhandlungen an Schweinen beim Auftrieb auf das Transportfahrzeug, beim Abtrieb vor dem Schlachthaus, beim Treiben zur Betäubungsbucht sind nur einige von vielen krassen Fehlhandlungen am Schlachttier Schwein, die auch Qualitätsbeeinträchtigungen zur Folge haben können. Dabei sind diese Fehlhandlungen fast durchweg auf grobe Vernachlässigungen des Tierschutzes, mithin sogar

auf Rechtsverletzungen zurückzuführen. Dessenungeachtet sollte ein nachhaltig verbesserter Tierschutz im Bereich der Fleischgewinnung eine bessere Fleischqualität zur Folge haben und nicht etwa Klagen über eine schlechte Fleischqualität zu einer besseren Behandlung der Schlachttiere zwingen.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Der Einfluß der CO₂-Schlacht tierbetäubung auf die Fleischqualität wurde unter Labor- und Praxisbedingungen an 18 Läufern und 106 Schlachtschweinen untersucht.

Die ermittelten Fleischqualitätsparameter (pH-Wert, Leitfähigkeitswert, Rigor mortis, Farbhelligkeit, R-Wert, Safthaltevermögen, Kochverlust und Dripverlust) zeigen insgesamt kaum Abweichungen von den in der Literatur angegebenen Normwerten und lassen deshalb im Hinblick auf die Fleischqualität keine Schlußfolgerung für Ablehnung der CO₂-Betäubung zu. Die PSE-Häufigkeit ergibt keine oder nur geringfügige Unterschiede zur gegenwärtig praxisüblichen Elektrobetäubung. Die in den vorliegenden Untersuchungen bis zu 31 % auftretende PSE-Häufigkeit entspricht der einer elektrischen Betäubung mittels Zange und läßt aus dieser Sicht keine Empfehlung der CO₂-Betäubung zu. Bei der Untersuchung auf Fleischmängel, die sich bei praxisüblicher elektrischer Betäubung aus Muskelblutungen, petechialen Blutungen und Knochenbrüchen zusammensetzen, geht aufgrund der im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen nicht festgestellten o.a. Mängel eine deutliche Überlegenheit der CO₂-Betäubung von Schlachtschweinen hervor.

7 Summary

THE EFFECTS ON THE MEAT QUALITY OF STUNNING HOGS BY CARBON DIOXIDE

The influence of CO₂-anesthesia before slaughter on meat quality was investigated in 18 young fattener pigs and 106 slaughter pigs under laboratory and commercial conditions. The parameters examined related to meat quality (pH, conductivity, rigor mortis, colour, R-value, water content, drip and shrinkage after cooking) showed hardly any deviation from the normal values stated in the literature related to other methods of stunning.

The PSE frequency up to 31 % found in this investigation corresponds to that recorded for electrical stunning with tongs.

In view of these findings together with the known high incidences of intramuscular haemorrhages, petechiae in connective tissue and fractures associated with electrical stunning, CO₂-anesthesia is clearly superior to electrical stunning.

LITERATURVERZEICHNIS

- ANTHONY, D.J.: Humane slaughter by aid of carbon dioxide anaesthesia.
Br. vet. J. 109 (1953), 110;
- AUGUSTINI, CH.: Ursachen unerwünschter Fleischbeschaffenheit beim Schwein.
Fleischwirtschaft 63 (1983), 297;
- BERGMANN, V. : Belastungsmypopathien beim Schwein - Erscheinungsform und Pathogenese.
Mh. Vet.Med. 34 (1979), 21;
- BICKHARDT, K. : Pathophysiologische Zusammenhänge zwischen Belastungsreaktion und Fleischqualität.
4. Hülsenberger Gespräche 1971 der Schaumann Stiftung zur Förderung der Agrarwissenschaften, Verlagsges. f. züchterische Nachrichten mbH, Hamburg, 1972, 99;
- BIEDERMANN, G., und E. GRANZ: Zur Methode der pH-Bestimmung bei Bandschlachtungen von Schweinen.
Züchtungskunde 51 (1979), 59;
- BITAI, G.: Die CO₂-Betäubung bei Schlachtschweinen.
RPL 38 (1986), 85;

BLENDL, H.M.: Pers. Mitteilung, Grub 1988;

BLENDL, H.M.: Zur Problematik des CK- und Halothan-
Testes beim Schwein.

Collegium veterinarium 1980, 81;

BLENDL, H.M., und H. PUPF: Kennwerte für eine objektive
Erfassung von Fleischqualitätsmängeln beim
Schweinefleisch.

Fleischwirtschaft 58 (1978), 1702;

BLENDL, H.M., und H. PUPF: Kennwerte für eine Beurteilung
von Qualitätsmängeln bei Schweinefleisch.

SuB 1979, H. 4, IV-6;

BLENDL, H.M., und H. PUPF: Kennwerte für eine objektive
Beurteilung von Qualitätsmängeln bei
Schweinefleisch.

SuB 1979, H. 10, IV-1;

BLENDL, H.M., P. MATZKE, und H. GEHRA: CK-Grenzwerte zum
Halothan-Test als Grundlage der Zucht-
selektion beim Schwein.

SuB 1984, H. 11, IV-1;

BLENDL, H.M., H. GEHRA, P. MATZKE, und E. HUSSLEIN:
Mögliche Abgrenzungen von CK-Werten im
Vergleich zum Halothan-Test, als Basis der
Zuchtselektion.

Züchtungskunde 56 (1984), 11;

- BLOMQUIST, S.M.: Die CO₂-Methode zur Betäubung von Schlachtschweinen.
Fleischwirtschaft 9 (1957), 750;
- BLOMQUIST, S.M.: Beobachtungen bei der elektrischen Betäubung von Schweinen.
Fleischwirtschaft 10 (1958), 592;
- BÜHLMANN, A.: CO₂-Wirkung auf Körper-, Lungen- und Gehirnkreislauf.
Anaesthesist 9 (1960), 66;
- BURSON, D.E., M.C. HUNT, D.E. SCHAFER, D. BECKWITH, and J.R. GARRISON: Effects of stunning method and time interval from stunning to exsanguination on blood splashing in pork.
J. Animal Sci. 57 (1983), 918;
- CANTIENI, J.: Ein Beitrag zur CO₂-Betäubung von Schlachtschweinen.
Schweiz. Arch. Tierheilk. 119 (1977), 355;
- COLLINS, V.J.: Dynamics and pharmacology of carbon dioxide.
In: COLLINS, V.J.: Principles of Anesthesiology.
Lea & Febiger, Philadelphia, 2nd ed.
1976, 1343;
- DODMAN, N.H.: Observations on the use of the WERNBERG dip-lift carbon dioxide apparatus for pre-slaughter anaesthesia of pigs.
Br. vet. J. 133 (1977), 71;

- DRAWER, K.: Schlachttierbetäubung - kein Thema mehr in Deutschland ?
Fleischwirtschaft 64 (1984), 993;
- EISELE, J.H., E.I. EGER, and M. MUALLEM: Narcotic properties of carbon dioxide in the dog.
Anesthesiology 28 (1967), 856;
- ENGEL, N.: Die elektrische und die CO₂-Betäubung von Schlachtschweinen unter Berücksichtigung der physiologischen Funktionsabläufe.
Diss.med.vet., Hannover 1987;
- ESSIG, E.: Kohlensäurebetäubung in einem deutschen Schlachthof.
Fleischwirtschaft 11 (1959), 558;
- FELDHUSEN, P., D. NEUMANN-FUHRMANN, und S. WENZEL: Die Leitfähigkeit als Parameter der Fleischbeschaffenheit.
Fleischwirtschaft 67 (1987), 455;
- FISCHER, Ch.: Veränderungen im Muskel nach dem Schlachten.
In: Beiträge zur Chemie und Physik des Fleisches.
Hrsg.: Institut für Chemie und Physik der Bundesanstalt für Fleischforschung,
Kulmbach, 1981, 74;

FISCHER, K., und CH. AUGUSTINI: Hälftenunterschiede in der Fleischbeschaffenheit beim Schwein durch einseitiges Hängen während des Schlachtprozesses.

Fleischwirtschaft 61 (1981), 1187;

FRIEDLÄNDER, C., und E. HERTER: Ueber die Wirkung der Kohlensäure auf den thierischen Organismus.

Z. phys. Chem. 2 (1878), 103;

GRÄTZ, H.: CO₂-Betäubung und -Anlagen.

Fleischwirtschaft 61 (1981), 513;

GRÄTZ, H.: Zur Betäubung der Schlachtschweine.

Fleischwirtschaft 65 (1985), 885;

GRAHAM, G.R., D.W. HILL, und J.F. NUNN : Die Wirkung hoher CO₂-Konzentrationen auf Kreislauf und Atmung.

Anaesthesist 9 (1960), 70;

GRANDIN, T.: Mechanical, electrical and anesthetic stunning methods for livestock.

Int. J. Stud. Anim. Prob. 4 (1980), 243;

GRAU, R., und R. HAMM : Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung in Fleisch.

Fleischwirtschaft 4 (1952), 295;

GRAU, R., und R. HAMM : Die Bestimmung der Wasserbindung des Fleisches mittels der Preßprobe.

Fleischwirtschaft 8 (1956), 733;

GREGORY, N.G.: Stunning and slaughter of pigs.

Pig News and Information 6 (1985), 407;

GREGORY, N.G., B.W. MOSS, and R.H. LEESON: Carbon dioxide stunning in pigs.

Vet. Rec. 121 (1987), 517;

GÜDEL, A.E.: Inhalation Anaesthesia.

Macmillan, New York 1951;

GWATKIN, R.: The human slaughter of meat animals.

Can. J. Comp. Med. 22 (1958), 376;

HAMM, R.: Veränderungen des Fleisches nach dem Schlachten.

Fleischwirtschaft 53 (1973), 625;

HAMM, R.: Biochemische Veränderungen des Fleisches nach dem Schlachten. Auswirkungen auf die Verarbeitung.

Fleischwirtschaft 54 (1974), 455;

HAMM, R.: Neue Ergebnisse zur Biochemie des Fleisches. Veränderungen nach dem Schlachten.

Fleischwirtschaft 56 (1976), 79;

HERTRAMPF, B., und G. v. MICKWITZ: Betäubung von Schlachttieren. Teil I: CO₂-Betäubung

Dtsch. tierärztl. Wschr. 86 (1979),
444 u. 457;

- HILSE, G.: Zur Qualität von Schweinefleisch.
Fleischwirtschaft 66 (1986), 261;
- HOENDERKEN, R.: Zur Betäubung von Schlachtschweinen.
SVZ 79 (1979), 235;
- HOENDERKEN, R.: Electrical and carbon dioxide stunning of
pigs for slaughter.
In: Eikelenboom, G.: Stunning of animals
for slaughter.
Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, NL,
1983, 59;
- HOENDERKEN, R., J.G.v. LOGTESTIJN, W. SYBESMA, und J.M.
SPANJAARD: Kohlendioxid-Betäubung von Schlacht-
schweinen.
Fleischwirtschaft 59 (1979), 1572;
- HOFMANN, K.: Die Feststellung des pH-Wertes in der
Praxis.
Fleischwirtschaft 53 (1973), 187;
- HOFMANN, K.: Was ist Fleischqualität ?
Fleischwirtschaft 53 (1973), 485;
- HOFMANN, K.: Notwendigkeit und Vorschlag einer einheit-
lichen Definition des Begriffes "Fleisch-
qualität".
Fleischwirtschaft 54 (1974), 1607;
- HOFMANN, K.: Der Begriff Fleischqualität. Definition
und Anwendung.
Fleischwirtschaft 67 (1987), 44;

- HOPMANN, K.: Der pH-Wert. Ein Qualitätskriterium für Fleisch.
Fleischwirtschaft 67 (1987), 557;
- HOPMANN, K., R. HAMM, und E. BLÜCHEL: Neues über die Bestimmung der Wasserbindung des Fleisches mit Hilfe der Filterpapierpreßmethode.
Fleischwirtschaft 62 (1982), 87;
- HOLZ, K.: Einbeziehung des pH-Wertes in Bandschlachtungen.
Fleischwirtschaft 53 (1973), 1200;
- HONIKEL, K.O.: Einfluß der Kühlung nach dem Schlachten auf die Fleischqualität.
Mitt. Bl. BAPF Kulmbach Nr. 92
(1986), 6901;
- HONIKEL, K.O., und CH. FISCHER: Eine Schnellmethode zur Bestimmung von PSE- und DFD-Fleisch beim Schwein.
Fleischwirtschaft 57 (1977), 1015;
- HORNUNG, H.: CO₂-Betäubungsanlagen.
Fleischwirtschaft 48 (1968), 1311;
- KALLWEIT, E., H.P. MÄDER, D. STEINHAUF, und J.H. WENIGER: Untersuchungen zur Ursache mangelhafter Fleischbeschaffenheit im Zusammenhang mit dem Adaptationsvermögen beim Hausschwein.
Z. Tierzücht. ZüchtBiol. 92 (1975), 188;

KARLSON, P.: Kurzes Lehrbuch der Biochemie für Mediziner und Naturwissenschaftler. 10. Aufl.
Thieme Verlag, Stuttgart 1977;

KLEIN, D.: Betäubung der Schweine vor dem Schlachten mit Kohlendioxyd.
Dtsch. Schlacht- u. Viehhof-Ztg. 53
(1953), 158;

KLETTNER, P.-G., und A. STIEBING: Beitrag zur Bestimmung der Farbe bei Fleisch und Fleisch-
erzeugnissen.
Fleischwirtschaft 60 (1980), 1970;

KLOVBORG LARSEN, H.: Comparison of 300 volt manual stunning, 700 volt automatic stunning, and CO₂ compact stunning with respect to quality parameters, blood splashing, fractures and meat quality.
In: Eikelenboom, G.: Stunning of animals for slaughter.
Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, NL, 1983, 73;

KORTMANN, R., und CH. RING: Auswirkungen der elektrischen Betäubung von Schlachtschweinen auf die Fleischqualität.
27. Arbeitstagung "Lebensmittelhygiene" der DVG, Garmisch Partenkirchen, 1986, 48;

- LEEST, J.A., P.S.v. ROON, and H.A. BROWER: The influence of stunning methods on the properties and quality of pig meat.
Proc. 16th Europ. Meeting of Meat Research Workers, Varna, BUL, 1970, Vol. I, 240;
- LEUCSEPTI, J.: Die wirtschaftliche Beziehung der Schweinebetäubung mit CO₂.
Fleischwirtschaft 15 (1963), 923;
- LEUTBECHER, R.: Die CO₂-Betäubung der Schlachtschweine und deren Anwendbarkeit auf die Verhältnisse der Deutschen Demokratischen Republik.
Diss. med. vet., Berlin 1959;
- LINKE, H., und G. HEINZ: Qualitätsabweichung bei Schweinefleisch - Topographie der Farbaufhellung bei wäßrigem, blassem Fleisch.
Fleischwirtschaft 52 (1972), 208;
- LOMHOLT, N.: Die Betäubung von Schlachtschweinen mit CO₂: Betäubung oder Erstickung ?
Fleischwirtschaft 60 (1980), 1646;
- LOMHOLT, N.: Zum Thema CO₂-Betäubung von Schlachtschweinen.
Fleischwirtschaft 62 (1982), 488;
- LOMHOLT, N.: CO₂ -Betäubung von Schlachttieren, Behauptungen und Realitäten.
Dtsch. tierärztl. Wschr. 20 (1983), 66;

- MARTIN, A.H., H.T. PREDEEN, P.J. L'HIRONDELLE, A.C. MURRAY, and G.M. WEISS: Pork quality attributes: their estimation and their relationship with carcass composition in commercial pigs. Can. J. Anim. Sci. 61 (1981), 289;
- MATZKE, P., H.M. BLENDL, W. HOLLWICH, I. GUNTER, E. HUSSLEIN, und G. BUCHART: Beziehungen zwischen Halothan-Reaktionen und Merkmalen der Mastleistung, des Schlachtkörpers und der Fleischbeschaffenheit beim Schwein. Bayer. Landwrt. Jahrbuch 61 (1984), 904;
- MEYER, J.S., F. GOTOH, and Y. TAZAKI: CO₂ narcosis. An experimental study. Neurology 11 (1961), 524;
- MICKWITZ, G.v.: Betäubung von Schlachttieren. Dtsch. tierärztl. Wschr. 89 (1982), 166;
- MICKWITZ, G.v.: Diskussionsbemerkung zum Vortrag von Dr. DRAWER über die Schlachttierbetäubung "Zur Problematik der CO₂- und elektrischen Betäubung an Schlachthöfen und der Bedeutung eines tierschutzgerechten Umganges mit den Tieren auf dem Weg zum Schlachthof und am Schlachthof für eine bessere Fleischqualität". Dtsch. tierärztl. Wschr. 94 (1987), 111;

MOSFELDT LAURSEN, A.: Choosing between CO₂ and electrical stunning of pigs. A preliminary examination of stress and ethics.

In: Eikelenboom, G.: Stunning of animals for slaughter.

Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, NL, 1983, 64;

MÜLLER, A.: Sorgen mit der Betäubung von Schlachttieren
Du und das Tier 4 (1976), 93;

MULLENAX, C.H., and R.W. DOUGHERTY: Physiologic responses of swine to high concentration of inhaled carbon dioxide.

Am. J. Vet. Res. 24 (1963), 329;

OPEL, F.: Der städt. Schlacht- und Viehhof München.
Festschrift zum 50-jährigen Bestand.

Deukula Verlag, München 1928, 47;

OVERSTREET, J.W., D.N. MARPLE, D.L. HUFFMAN, and R.F.

NACHREINER : Effect of stunning methods on porcine muscle glycolysis.

J. Anim. Sci. 41 (1975), 1014;

PETRI, W., W. OSTER, und H. HABERKORN: Die Technik des Halothan-Tests - Zugleich ein Vorschlag zur Vereinheitlichung des Testverfahrens.

Tierzüchter 32 (1980), 480;

RASENACK, O.: CO₂-Betäubung von Schweinen.

Fleischwirtschaft 55 (1975), 1656;

RING, Ch.: Pers. Mitteilung, München 1988;

RING, Ch., und H.M. BLENDL: Containertransport von Schlachtschweinen. Eine tierschützerische und ökonomische Maßnahme (I) und (II).

Fleischwirtschaft 64 (1984), 808 u. 1058;

RING, Ch., und A. BORNSCHLEGL: Zur Kühlung von frischem Fleisch. Transportkühlung von Fleisch aus rechtlicher und technischer Sicht.

Fleischwirtschaft 67 (1987), 258;

RING, Ch., und L. LEISTNER: Zur Kühlung von frischem Fleisch. Transportkühlung von Fleisch aus hygienischer und ökonomischer Sicht.

Fleischwirtschaft 67 (1987), 179;

RING, Ch., und CO₂ Forschergruppe:

s. Fußnote S. 16, München 1988;

RING, Ch., und R. KORTMANN: Auswirkungen der elektrischen Betäubung von Schlachtschweinen auf die Fleischqualität.

Fleischwirtschaft 68 (1988), 259;

RISTIĆ, M.: Methoden zur objektiven Beurteilung der Fleischbeschaffenheit.

In: Beiträge zum Schlachtwert von Schweinen.

Hrsg.: Institut für Fleischforschung und Vermarktung der Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, 1982, 117;

SAVIĆ, I. and R. TADIĆ: A contribution to the knowledge of CO₂ immobilization of hogs. An examination of hog behavior during and after CO₂ immobilization.

Proc. 8th Europ. Meeting of Meat Research Workers, Moskau, UDSSR, 1962, No. 16;

SCHARNER, E., L. SCHÖBERLEIN, D. BEUTLING, E. KUCHLING, und H. SCHLICHT: Vorschläge für vorläufige Grenzwerte zur Ermittlung von objektiv erfaßbaren Fleischqualitätsmerkmalen (I).

Fleisch 26 (1972), 226;

SCHEPER, J.: Über Merkmale der Fleischbeschaffenheit und die Möglichkeit ihrer Beeinflussung vor der Schlachtung.

Z. Tierzücht. ZüchtBiol. 77 (1962), 335;

SCHEPER, J.: Inwieweit beeinflußt das Betäubungsverfahren die Fleischbeschaffenheit bei Schweinen.

Fleischwirtschaft 57 (1977), 1489;

SCHEPER, J.: pH-Wert-Messungen an Schweinehälften. Zeitpunkt, Meßstelle, Aussage.

Fleischwirtschaft 58 (1978), 1642;

SCHEPER, J.: Objektive Meßverfahren für Fleischbeschaffenheit.

Ldw. Bl. Weser Ems 127 (1980), 60;

SCHEPER, J.: Zur Entwicklung der Schweinefleischqualität
Ein Rückblick.

Fleischwirtschaft 60 (1980), 2001;

SCHEPER, J., und L. SCHÖN: Zur Aussagekraft von pH, Farbhelligkeit und Safthaltevermögen über die Beschaffenheit von Schweinefleisch.

Züchtungskunde 43 (1971), 49;

SCHMITTEN, F.: Arbeitsanleitung zur Messung der Leitfähigkeit im Kotelett und Schinken mit dem Leitfähigkeitsmeßgerät "LF 191" und LST/F-Elektrode der Firma WTW für Mastprüfungsanstalten.

Mitt. des Instituts für Tierzuchtwissenschaft, Bonn, an Mastprüfungsanstalten vom 05.11.1985;

SCHMITTEN, F., K.-H. SCHEPERS, A. PESTERLING, B. HÜBBERS, und U. REUL: Beurteilung der Schweinefleischbeschaffenheit in der Schlachtkette.

Schweinezucht und Schweinemast 12 (1983), 418;

SCHÖBERLEIN, L., E. SCHARNER, und H. SCHLICHT: Vorschläge für vorläufige Grenzwerte zur Ermittlung von objektiv erfaßbaren Fleischqualitätsmerkmalen (II).

Fleisch 27 (1973), 173;

SCHÖBERLEIN, L., K. RENATUS, G.v. LENGERKEN, H. HENNEBACH,
und V. ALBRECHT: Untersuchungen zum Einfluß der Betäubung
auf die Muskelfleischqualität des Schweines
Arch. exper. Vet.med. 33 (1979), 337;

SEPFELAAR, L.: Neue CO₂-Betäubungsanlage für Schweine.
Fleischwirtschaft 51 (1971), 1592;

SLATER, L.E.: Betäubung der Schweine vor dem Schlachten
mit Kohlendioxyd.
Fleischwirtschaft 5 (1953), 75;

SYBESMA, W.: Die Messungen des Unterschiedes im
Auftreten des Rigor mortis im Schinken.
Fleischwirtschaft 46 (1966), 637;

SYBESMA, W.: Stunning of pigs now and in the future.
Pig News and Information 1 (1980), 87;

SYBESMA, W., and W. GROEN: Stunning procedures and meat
quality.
Proc. 16th Europ. Meeting of Meat Research
Workers, Varna, BUL, 1970, Vol. I, 341;

TADIĆ, R., und M. ĆIRIĆ: Untersuchungen über den Einfluß
von CO₂-Betäubung auf das Entbluten und
physikalisch-chemische Veränderungen im
Schweinefleisch.
Fleischwirtschaft 14 (1962), 1081;

- TADIĆ, R., and M. ĆIRIĆ: A contribution to the knowledge of CO₂ immobilisation of hogs.
Proc. 8th Europ. Meeting of Meat Research Workers, Moskau, UDSSR, 1962, No. 17;
- TERKHORN, U.: Pers. Mitteilung, Bad Bramstedt 1985 u. 1987;
- THELOE, G.: Die Betäubung der Schweine durch Kohlendioxyd.
Arch. Lebensmittelhyg. 10 (1959), 94;
- WAL, P.G.v.d.: Chemical and physiological aspects of pig stunning in relation to meat quality - a review.
Meat Science 2 (1978), 19;
- WELLINGTON, G.H., W.F. DAVIS, J.R. STOUFFER, R.A. WENTWORTH, and G.R. BARR: Studies of carbon dioxide gas mixtures for the slaughter immobilization of sheep and swine.
Proc. 16th Res. Conf. AMIF, Chicago, USA, 1964, 107;
- WERNBERG, N.E.: Anlagen für die CO₂-Betäubung von Schlachtschweinen.
Fleischwirtschaft 9 (1957), 752;
- WERNBERG, N.E.: Eine neue Kohlendioxid-Schweinebetäubungsanlage in den dänischen Baconfabriken.
Fleischwirtschaft 58 (1978), 1744;

WERNBERG, N.E.: Die humane Betäubung von Schweinen vor der Schlachtung.

Fleischwirtschaft 59 (1979), 1804;

WOLTERING, H.: Erfahrungen mit dem Restrainer mit automatischer Betäubung am Schlachthof Paderborn.

Dtsch. tierärztl. Wschr. 90 (1983), 73;

WOLTERSDORF, W., und K. TROEGER: Betäubungs- und Entblutetechnik zur Verbesserung der Fleischbeschaffenheit.

Mitt. Bl. BAPF Kulmbach Nr. 92 (1986), 6887;

ZELLER, W., U. SCHATZMANN, und A. IMHOF: Kohlendioxyd - Betäubung von Schlachtschweinen: Eine Beurteilung der Tierschutzgerechtigkeit dieser Methode am Schlachtband.

Fleischwirtschaft 67 (1987), 1519;

Herrn Priv.-Doz. Dr. Dr. habil. Chr. RING danke ich für die Überlassung des Themas, für seine wertvollen Ratschläge und besonders für die Betreuung der Arbeit sowie deren kritische Durchsicht.

Herrn Dr. H.M. BLENDL, Herrn Dr. P. MATZKE und Frau GUNTER danke ich für die Beratung und die technische Hilfeleistung in Grub.

Herrn Prof. Dr. E. KALLWEIT und Frau Dr. HENNING danke ich für die Unterstützung meiner Untersuchungen in Mariensee, in gleicher Weise bin ich Frau ORR Dr. SCHWABENBAUER, Bonn, und Herrn PUFF, München, für ihre Unterstützung dankbar.

Herrn KRUSE, Herrn REMMLINGER und Frau KILLY-SCHULTHEIS danke ich für die organisatorische und tatkräftige Hilfe bei meinen Untersuchungen an gewerblich erschlachteten Schweinehälften in der Fleischzentrale Südwest in Crailsheim.

Meine Frau hat durch ihre Unterstützung und nicht zuletzt durch ihr Verständnis für mein Studium und die für die vorliegende Dissertation erforderliche Arbeit wesentlichen Anteil an diesen Abschnitten meines Berufsweges. Dafür bin ich ihr in Dankbarkeit sehr verbunden.

LEBENS LAUF

Bernd Schläger : geboren am 17. August 1956
in Neuss

Eltern : Franz Josef Schläger
Käthe Schläger, geb. Sassenrath

1963 - 1966 : Besuch der Knabenschule Weißen-
berg in Neuss

1966 - 1976 : Theodor Schwann Gymnasium Neuss

1976 : Abitur

1977 - 1978 : Bencard-Allergiedienst

1979 - 1980 : Zivildienst

1981 : Eheschließung mit Claudia
Bekemeier

1981 - 1986 : Studium der Tiermedizin an der
Universität München

1983 : Geburt meiner Tochter Sarah

1986 : Tierärztliches Staatsexamen

07. Januar 1987 : Approbation als Tierarzt

1987 : Beginn mit den Arbeiten für die
vorgelegte Dissertation

1987 : Geburt meiner Tochter Laura

